

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

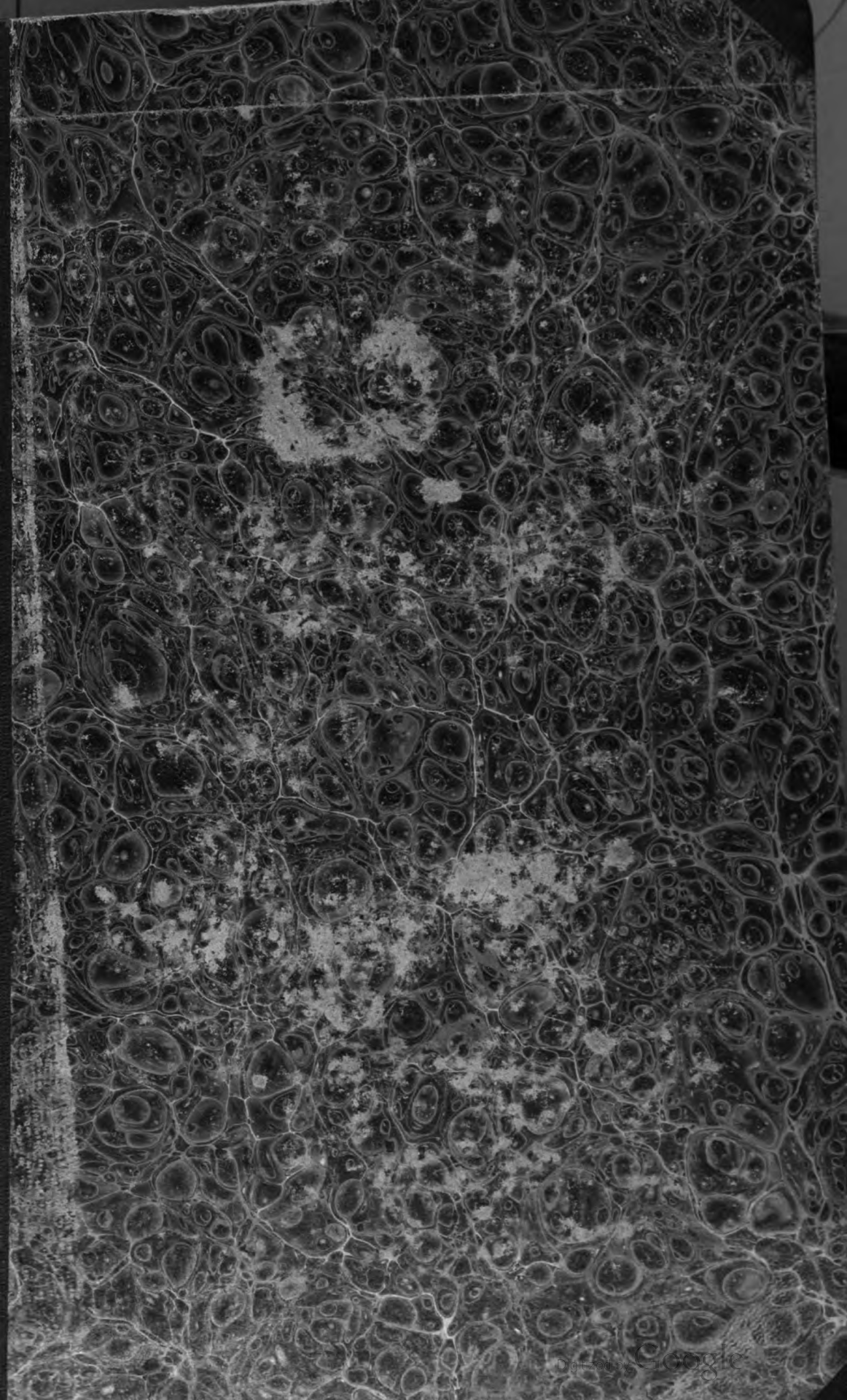
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

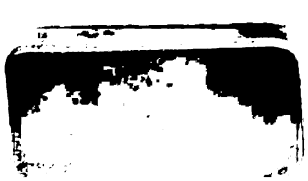
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


Digitized by Google

4° Techn. 51 f Laboulaye



Digitized by Google

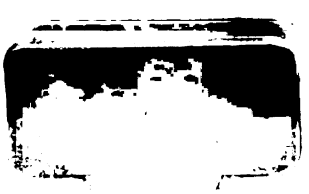
<36635272260012

<36635272260012

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

4° Techn. 51 f Laboulaye



Digitized by Google

<36635272260012

<36635272260012

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

DEUXIÈME PARTIE

Digitized by Google

Imprimerie de GUSTAVE GRATIOT, 11, rue de la Monnaie.

Digitized by Google

ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR MESSIEURS

ALCAN, Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.
BARRAL, Répétiteur à l'École Polytechnique. — BARRAULT, Ingénieur civil. — V. BOIS, Ingénieur.
BRUN, ancien Imprimeur. — D'ARCET, de l'Institut (Académie des Sciences). — P. DESORMEAUX, auteur de plusieurs ouvrages de Technologie.
DEBETTE, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur des Mines.
DUBIED, ancien Élève de l'École centrale, Ingénieur Constructeur.
EBELMEN, Professeur à l'École des Mines, Sous-Directeur de la Manufacture de Sevres.
FAURE, Professeur-Suppléant du Cours de construction de Machines à l'École centrale des Arts et Manufactures.
GIBON, ancien Élève de l'École centrale, Directeur de l'usine à Gaz d'Arras.
GROUVELLE, Ingénieur civil. — HANRIOT, Directeur de Papeterie. — JOBARD, Directeur du Musée de l'Industrie belge.
ALPH. JULLIEN, ancien Élève de l'École Polytechnique. — C.-F. KNAB, Ingénieur.
CH. LABOULAYE, ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Officier d'Artillerie, Fondeur en caractères.
MABRUN, Fabricant de papiers peints. — MALLET, Chimiste.
MANGON, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées. — ROUGET DE LISLE, Ingénieur-Manufacturier.
SALLANDROUZE-LAMORNAIX, Propriétaire de la Manufacture Royale de tapis d'Aubusson, Membre du Conseil général des Manufactures.
SOREL, Ingénieur. — P. TOURNEUX, Chef du Bureau des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics.
VINCENDON-DUMOULIN, Ingénieur Hydrographe de la Marine,
et un grand nombre d'Ingénieurs et de Fabricants.

PUBLIÉ PAR M. C. LABOULAYE.

G-Z

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE-INDUSTRIELLE

DE L. MATHIAS (AUGUSTIN)

QUAI MALAQUAIS, 15.

1847

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA

Digitized by Google

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES.

G

GAIAC (*angl.* guaiac, *all.* guaja harz). Résine qui exsude de l'arbre appelé *guaiac officinalis* qui croît dans les îles de l'Inde occidentale, et qui n'est guère employée que dans les pharmacies.

GALACTOMÈTRE. *Aréomètre* dont on se sert pour reconnaître la qualité du lait.

GALBANUM. Gomme-résine qui exsude spontanément ou par des incisions du *bubon galbanum*, plante de la famille des Ombellifères, qui croît en Afrique et particulièrement en Éthiopie.

GALÈNE (*angl.* galena, *all.* bleiglanz). Nom donné au plomb sulfuré. Voyez PLOMB.

GALIPOT. Nom donné à la térébenthine du *pinus maritima*, solifiée sur l'arbre. Lorsqu'il se trouve mélangé de débris d'écorces et plus impur, il prend le nom de *barras* (voyez TÉRÉBENTHINE).

Le galipot est employé dans la fabrication des vernis communs.

GALLATES. Sels formés par l'acide gallique. Voyez l'article suivant.

NOIX DE GALLE (*angl.* gall-nuts, *all.* gallæpfel). On donne ce nom à des excroissances que l'on trouve sur les feuilles et les menues branches de la variété de chêne dit *quercus infectoria*, qui croît dans le Levant. Elles sont produites par la piqûre d'un insecte du genre *cynips* de Linnée et de l'ordre des hyménoptères, qui y dépose ses œufs; ils se développent en s'entourant d'une espèce de tubercule qui est la galle elle-même qui s'accroît jusqu'à ce qu'ils aient subi leur métamorphose; alors ils en percent la paroi et s'échappent; passé cette époque la galle pâlit, devient moins dense, moins astringente, et perd ainsi successivement les qualités qui la font rechercher.

Il résulte du mode de formation des galles, qu'elles sont dues à une extravasion des sucs végétaux et qu'elles doivent présenter une organisation ou au moins un tissu homogène; c'est en effet ce que l'on observe : une galle de bonne nature présente une cassure entièrement grenue, brillante au soleil, et qui offre à peine quelques différences vers la périphétie, où les matériaux extravasés ont dû subir une altération de la part de l'air.

Les galles, quelles qu'elles soient, renferment toutes beaucoup de tannin, ce qui les rend propres à être employées dans la fabrication des ENCRES, la TEINTURE en noir, le tannage des PEAUX, etc.

Les *galles d'Alep* sont les plus estimées; on en distingue trois sortes : les galles noires qui forment la qualité supérieure sont petites, très denses et très rabotenses. Elles renferment presque toujours l'insecte avec lequel elles se sont développées, ce qui se reconnaît à ce qu'elles n'offrent aucune perforation; les galles blanches, plus grosses, moins denses et moins rabotenses que les galles noires, sont beaucoup moins estimées; les galles vertes ont un aspect et des qualités intermédiaires à celles des deux espèces précédentes. Les *galles de Smyrne* sont comparables aux galles d'Alep sous tous les rapports; mais elles leur sont inférieures en qualité. La Dalmatie, l'Illyrie, la Calabre, etc., produisent des galles inférieures aux précédentes, plus petites, et qui croissent sur le *quercus cerris*. Enfin, on trouve en France, et généralement presque partout, des galles de qualités très inférieures, qui croissent sur le chêne vert (*quercus ilex*) et le chêne ordinaire (*quercus robur*), et qui ne sont guère employées que pour le tannage.

Le principe utile et astringent des noix de galle est le *tannin*, que l'on en retire aisément comme il suit : on prend un tube de verre droit, long et étroit, que l'on étire légèrement à l'extrémité inférieure, dans laquelle on place ensuite une mèche de coton, et que l'on introduit dans le col d'un flacon; on remplit à moitié le tube de noix de galle grossièrement pilée et légèrement tassée, puis on verse par dessus de l'éther sulfurique hydraté, et on ferme le tube avec un bouchon. La liqueur qui s'est rassemblée au bout de 24 heures dans le flacon forme deux couches : la couche supérieure, qui est de l'éther presque pur que l'on enlève et qui peut servir pour une autre opération, et la couche inférieure qui est une dissolution de tannin dans l'eau provenant de l'éther et de la noix de galle non desséchée. La dissolution est presque sirupeuse; en l'évaporant à sec, sous le récipient d'une machine pneumatique, on a une matière boursouflée et incristallisable, qui est du tannin dans le plus grand état de pureté que l'on ait pu obtenir.

En épuisant la noix de galle par l'éther, on en retire de 40 à 45 p. 100 de tannin.

Le tannin ou acide tannique (*all.* gerbsaure) est un véritable acide, rougissant la teinture de tournesol et se combinant avec les bases pour former des *tannates*. Il est très soluble dans l'eau et l'alcool, moins dans l'éther; il possède une saveur très astringente. Le tannin ou l'infusion aqueuse de la noix de galle précipite un grand nombre de sels métalliques, et cette propriété est quelquefois employée dans l'analyse qualitative. Avec les sels de protoxyde de fer, il n'y a pas de précipité; avec les sels de peroxyde de fer, il y a un précipité d'un noir-bleu intense (encre) qui reste en suspension dans l'eau; avec les sels de titane, le précipité est d'un rouge de sang; enfin, la plupart des précipités par les sels métalliques incolores sont d'un blanc sale. Le tannin précipite complétement la gélatine, et réciproquement; le précipité est caséux; c'est lui qui se forme dans le tannage des peaux. La composition du tannin est représentée par la formule $C^{18}\,H^{16}\,O^{12}$. A l'état sec,

Digitized by Google

le tannin se conserve indéfiniment, mais à l'état de dissolution, il s'altère assez promptement et passe à l'état d'acide gallique (*all.* gallæpfel saure), même hors du contact de l'air.

L'*acide gallique* se produit, comme nous venons de le dire, par la décomposition spontanée de la dissolution de tannin ; pour le préparer, on fait une infusion à chaud de noix de galle, on concentre par l'ébullition la liqueur qui est d'un brun très foncé, on ajoute du noir animal pour la décolorer, on filtre, on fait cristalliser, et on purifie les cristaux obtenus par plusieurs cristallisations successives ; on a ainsi de l'acide gallique, incolore, lorsqu'il est parfaitement pur, et en aiguilles soyeuses. Il se distingue du tannin en ce qu'il peut cristalliser et en ce qu'il ne précipite point la gélatine ; avec les sels de peroxyde de fer, l'acide gallique donne un précipité d'un bleu noir très intense (encre) beaucoup plus soluble dans l'eau que le précipité analogue produit par le tannin. La composition de l'acide gallique est représentée par la formule $C^7 H^6 O^5$; par l'action de la chaleur, il perd successivement un atome d'acide carbonique $C O^2$ et un atome d'eau $H^2 O$, en donnant naissance à deux nouveaux acides, l'acide pyrogallique $C^6 H^6 O^3$ et l'acide méta-gallique $C^6 H^4 O^2$, qui n'ont aucun emploi dans les arts.

La ville de Lyon consommant une grande quantité de noix de galle dans ses ateliers de teinture, M. Michel, chimiste praticien distingué et habile teinturier, conçut l'heureuse pensée de faire cesser le tribut qui pesait sur la France, et se livra à des expériences qui eurent un plein succès. Il fit établir quelques fabriques dans les environs de Lyon, et depuis 1840, il y en a deux dans la petite ville du Pont-de-Beauvoisin (Isère).

On y fabrique l'acide gallique avec de vieux châtaigniers, lorsqu'ils ne donnent plus de fruits, et lorsqu'en même temps ils ne pourraient plus fournir que de mauvais charbon.

Une machine circulaire à couteaux débite le châtaignier sous forme de copeaux minces.

Ces copeaux sont introduits dans une chaudière à grille chauffée à la vapeur. Les décoctions sont portées dans de grands cuviers ; on laisse reposer. La liqueur claire soutirée est évaporée dans des chaudières plates, et, lorsqu'elle marque 20° à l'aréomètre de Beaumé, on la met dans des futailles.

Cette décoction remplace parfaitement celle que l'on retirerait de la noix de galle.

100 de copeaux de vieux châtaigniers donnent 16 à 18 de la décoction dont on vient de parler, et que l'on désigne dans le commerce sous le nom d'acide gallique liquide.

On vend de 38 à 42 fr. l'hectolitre de cette décoction.

Ces fabriques sont en activité depuis peu, et elles prendront, suivant toutes les probabilités, quelque consistance. Leurs produits sont recherchés ; mais on ne peut les obtenir que là où il y a des châtaigniers.

ACIDE GALLIQUE. Voyez *noix de* GALLE.

GALVANOPLASTIE. La galvanoplastie est un art nouveau qui n'a pas encore pris dans l'industrie toute l'extension que son utilité devra lui faire acquérir un jour. La délicatesse de certaines opérations auxquelles les ouvriers ne sont pas encore habitués, l'inhabileté qu'ils mettent à diriger l'emploi des courants électriques dont l'action leur paraît extraordinaire, expliquent facilement pourquoi, en France, la galvanoplastie n'est encore qu'un jeu.

On s'est déjà servi de cet art pour reproduire des monnaies et des médailles ; pour copier les cachets, les sceaux, les empreintes en plâtre ; pour obtenir des creux copiés sur des surfaces en relief ; pour fabriquer des moules obtenus sur des fruits, des végétaux, etc. ; pour fabriquer des moules dans l'art du fondeur ; pour reproduire des caractères d'imprimerie, des planches en cuivre unies ou gravées, des planches gravées sur bois, des images daguerriennes ; enfin pour graver sur une planche de cuivre. Toutes ces applications qui, pour la plupart, n'ont été qu'essayées en France, sont plus communément faites en Allemagne et en Angleterre. Leur simple énoncé doit faire comprendre que dès l'instant où leur réussite sera complète, il y aura une révolution dans la confection des dessins et modèles de fabrique. Les reproductions se font par la galvanoplastie avec une telle perfection, identité et facilité que la propriété des dessins recevra une rude atteinte. Nous n'en dirons pas davantage sur ce sujet, car, *si les faussaires savaient*, il y aurait pour la plupart des institutions de la société civilisée un danger dont elle ne semble pas encore comprendre l'importance. Dans tous les cas, il sera nécessaire, afin de sauvegarder des intérêts précieux et respectables, que la loi intervienne pour organiser ou du moins régulariser l'emploi des forces électriques, de même qu'elle est intervenue pour régulariser l'emploi des chutes d'eau, celui de la vapeur, etc.

Avant d'entrer dans des explications techniques, nous devons aussi prendre la précaution d'avertir le lecteur que beaucoup, que la plupart même des procédés que nous allons décrire ont été monopolisés par des brevets d'invention. Notre opinion est que cette monopolisation a été faite presque toujours illégitimement. Mais ne voulant pas entrer dans la discussion des propriétés individuelles, discussion qui serait d'ailleurs fort difficile, tant les terres du domaine public sont enchevêtrées dans celles du domaine privilégié, nous nous contentons de prévenir les personnes qui voudraient faire de la galvanoplastie industrielle, qu'elles doivent, avant tout, consulter les brevets pris sur la matière, afin d'être bien renseignées sur les prétentions des inventeurs.

La galvanoplastie repose sur des règles générales qui doivent être à peu près invariablement suivies dans toutes les applications de cet art, et que nous allons donner avant d'indiquer les précautions spéciales qu'on doit prendre dans chacune de ces applications.

Le but que l'on veut obtenir est de précipiter, par l'action d'un courant galvanique, un métal de sa dissolution, sur un objet donné, en couche continue, mais non adhérente, de manière que cette couche représente exactement tous les détails de l'objet avec toutes leurs dimensions et leurs courbures. Quelquefois on n'a pas l'intention de retirer la couche métallique déposée de dessus l'objet, et alors cette couche doit être adhérente. Mais dans ce cas on ne fait réellement pas de la galvanoplastie ; on fait une espèce de dorure, de cuivrage, etc. Cette opération nous semble puérile, quand elle n'a pas d'autre but que de recouvrir une statue d'une couche de cuivre par exemple ; nous indiquerons pourtant la manière dont elle doit être conduite, parce qu'il est certains cas où elle peut être utile.

Ainsi que dans l'opération de dorure, on peut se servir, pour engendrer le courant électrique, soit d'un appareil simple, soit d'un appareil composé. Dans un appareil simple, le moule, l'objet sur lequel doit se déposer le métal précipité, fait partie essentielle du circuit galvanique. Dans l'appareil composé, la pile est en dehors du bain à décomposer, et le moule est attaché au pôle zinc ; le pôle cuivre, charbon, etc., est mis d'ailleurs en communication avec le bain ; l'avantage que l'on trouve à employer un appareil composé consiste en ce que l'on peut attacher au pôle cuivre ce que l'on appelle un électrode soluble, c'est-à-dire une lame du métal même, qui est en dissolution dans le bain et que l'on veut faire déposer sur le moule placé au pôle zinc. Cette lame a la propriété d'entrer en dissolution

Digitized by Google

en quantité à peu près égale à celle qui se dépose sur le moule.

Les inventeurs de la galvanoplastie, Spencer et Jacobi, qui, le premier en Angleterre, le second en Russie, firent la découverte de cet art nouveau en 1838, à peu près simultanément, et sans aucun doute en travaillant chacun de leur côté dans la plus complète ignorance des travaux de l'autre, exécutèrent leurs opérations galvanoplastiques avec des appareils simples. Les appareils qu'ils employèrent dans l'origine étaient sans doute fort imparfaits, et depuis l'époque de leur invention, quoiqu'elle soit si rapprochée de nous, ils ont été grandement perfectionnés. Cependant, afin de faire voir comment avec les premiers vases venus, sans avoir recours à des appareils coûteux, on peut arriver aux plus beaux et plus utiles résultats, nous décrirons, d'après M. Becquerel (*Éléments d'électro-chimie*), l'observation fondamentale qui a engendré toute la galvanoplastie, exactement comme l'a faite Spencer pour la première fois. Une plaque carrée de cuivre fut mise en communication avec une plaque de zinc de même forme et de même grandeur, au moyen d'un fil de cuivre. La plaque de cuivre fut recouverte à chaud d'une couche de vernis, composé de cire jaune, de résine et d'ocre rouge; avec une pointe métallique on traça des lettres dans ce vernis, en mettant à nu le cuivre, comme dans la gravure à l'eau forte. Cette préparation faite, on prit un vase rempli à moitié d'une solution saturée de sulfate de cuivre, dans laquelle on plongea la plaque de cuivre, ainsi que le verre d'un bec à gaz, fermé à l'une de ses extrémités par un tampon de plâtre de 0m,02 d'épaisseur, et rempli aux deux tiers d'une solution étendue de sulfate de soude. L'élément zinc du couple fut plongé dans cette dernière dissolution, la face inférieure du disque placée parallèlement à la face supérieure de la cloison perméable; et le fil conjonctif fut recourbé de manière que la plaque de cuivre fut opposée par la surface gravée à la face inférieure de la même cloison. Dès l'instant que le circuit fut fermé, le cuivre provenant de la décomposition du sulfate de cuivre vint remplir les sillons tracés par la pointe dans le vernis, de manière à produire les caractères en relief. M. Spencer eut aussitôt l'idée de faire servir ces caractères à l'impression typographique, et il prépara une plaque en cuivre avec laquelle il obtint des épreuves qui furent distribuées dans le public. C'est de là que partit ce savant pour mouler des médailles en opérant exactement, comme nous venons de le dire. Voici comment il décrit lui-même son expérience :

« Je formai, avec la médaille et une rondelle de zinc, un couple voltaïque, comme auparavant; j'y fis déposer une couche de cuivre d'un millimètre d'épaisseur environ ; puis je détachai avec soin, mais non sans quelque peine, le dépôt formé. J'examinai le résultat à la loupe, et je vis tous les détails de ma médaille reproduits avec une merveilleuse fidélité sur la contre-épreuve voltaïque. Je renouvelai de nouveau la même expérience avec la même médaille, car je voulais obtenir un moule plus épais et plus résistant. Je laissai donc le dépôt procéder lentement et atteindre une épaisseur considérable; mais lorsque je voulus le détacher de la medaille, je trouvai les deux surfaces intimement soudées entre elles. »

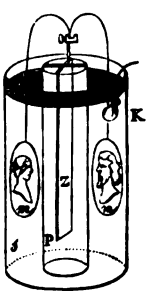
Il n'y a pas très loin de là aux dépôts faits sur des empreintes on des moules seulement, au lieu des pièces mêmes, pour éviter cet inconvénient. M. Jacobi n'alla pas tout de suite aussi vite que M. Spencer dans la généralisation du procédé ; il se contentait, dans ses premières publications, « d'obtenir, à l'aide d'un courant voltaïque, des épreuves en relief de planches de cuivre gravées, et une contre-épreuve de ces mêmes épreuves, de telle sorte qu'il pouvait multiplier ainsi à l'infini les exemplaires d'une planche de cuivre gravée. » Mais on doit en outre à M. Jacobi l'emploi de l'électrode positif de même nature que le métal qui est en dissolution, afin d'avoir une dissolution toujours au même degré de concentration.

Après ces premières et fondamentales notions historiques, nous nous contenterons de dire que MM. Becquerel, Boquillon, Elsner, Grove, Mason, Smee, Elkington, Solly, Sorel, Ch. Chevalier, et beaucoup d'autres encore, se sont occupés de faire avancer l'art de la galvanoplastie, sans qu'il soit toujours facile de rapporter chaque perfectionnement à son auteur propre; c'est notre excuse pour ne pas entrer dans une discussion où des noms propres, mais non la science, se trouvent intéressés.

Nous allons commencer par la description des appareils galvaniques qu'il convient d'employer quel que soit d'ailleurs le métal qu'il s'agisse de déposer.

APPAREILS GALVANIQUES.

Appareils simples. Parmi ces appareils, celui que l'on emploie le plus ordinairement est représenté fig. 1046. Dans un vase en verre, en porcelaine ou en faïence, on met la dissolution convenable du métal qu'on veut déposer, par exemple, du sulfate de cuivre *s*, pour recouvrir de cuivre les moules *m*. Au centre de ce premier vase, on en place un autre P, d'un diamètre beaucoup moindre, poreux, fait, par exemple, en porcelaine dégourdie. Dans ce vase P, on met de l'acide sulfurique étendu, de douze ou quinze fois de son poids d'eau, et on y plonge une lame ou un cylindre Z de zinc, amalgamé ou non. Les moules *m* sont mis en communication avec le zinc Z, par un fil de laiton. La dissolution du sulfate de cuivre devant s'épuiser à mesure que le dépôt métallique s'effectue sur les moules, il faut l'entretenir à un degré de saturation constante en y ajoutant de temps à autre des cristaux de sulfate de cuivre, ou mieux en plaçant à la partie supérieure de la dissolution un petit panier ou un sac en toile K rempli de cristaux.



1046.

Au lieu d'employer l'appareil précédent, on peut se servir du suivant, que M. Becquerel décrit à peu près ainsi que nous allons le faire.

On prend une caisse rectangulaire en bois lutée intérieurement avec une substance peu susceptible d'être attaquée par les dissolutions, par exemple avec de la *glu marine* (voyez ADHÉSION). On partage cette caisse en deux compartiments par une cloison perméable au liquide et appelée diaphragme. Ce diaphragme peut être en baudruche ou en parchemin, mais il est plus convenable de le faire en gros plâtre de moulеur; il ne faut lui donner que peu d'épaisseur, afin de diminuer le moins possible l'intensité du courant.

Le premier compartiment contient une dissolution faite à froid de sulfate de cuivre ou de tout autre sel qu'il s'agit de décomposer; dans cette dissolution on fait plonger les moules à quelques centimètres de distance du diaphragme. Dans le deuxième compartiment se trouve de l'eau légèrement acidulée en contact avec une lame de zinc d'une surface à peu près égale à celle des moules, lame qui est placée à un centimètre environ du diaphragme. Quand tout est ainsi arrangé, on établit la conductibilité métallique entre les moules et le zinc.

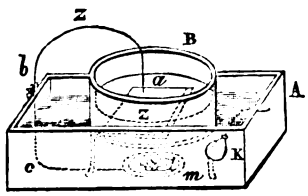
On entretient le sel constamment au même degré

Digitized by Google

de saturation, comme dans le cas précédent. Il est bon d'entretenir la température de 40 à 70° pour éviter la cristallisation, et comme, malgré toutes les précautions, la saturation est toujours plus grande au fond que dans le haut, il faut retourner le moule de temps en temps, et cela avec rapidité afin d'éviter toute oxydation.

Un autre inconvénient est l'épaisseur inégale du dépôt, toujours plus abondant à l'extrémité opposée au point d'attache qu'à ce point même. On cherche à y remédier en plaçant plusieurs conducteurs suffisamment longs aux deux extrémités du moule, et en ayant soin de relever derrière ceux qui sont fixés au bord inférieur.

C'est dans le but d'échapper à cet inconvénient d'un dépôt irrégulier qu'on se sert souvent de l'appareil suivant (fig. 1047); il est formé d'une caisse rectangu-



1047.

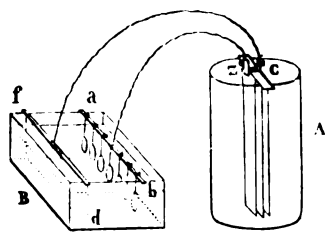
laire ou cylindrique A, dans laquelle on en met une autre B, dont le fond est un diaphragme maintenu convenablement aux parois de la caisse. Ce dernier vase B est supporté à une dixaine de centimètres du fond du vase A. Le moule *m* est placé horizontalement sur un support à 7 ou 8 centimètres du diaphragme qui fait le fond du vase B. Dans ce vase, rempli d'eau acidulée par l'acide sulfurique, on met horizontalement une lame de zinc Z, ayant à peu près les mêmes dimensions que le moule. Le vase A étant aussi plein du sel à décomposer, on établit le circuit par le fil conducteur *a b c*. Il ne se forme plus alors que quelquefois un bourrelet sur les bords du moule. Cependant pour que le dépôt fût rigoureusement égal en tous les points, il faudrait que toutes les parties du moule fussent à égale distance du zinc, ce qui ne peut s'obtenir qu'en donnant au zinc la forme générale des saillies ou dépressions du moule, ou bien en prêtant cette même forme à la cloison perméable. Sans ces précautions le dépôt est toujours plus considérable sur les saillies que sur les creux.

Quand on juge que le dépôt a acquis une épaisseur suffisante, on lave les pièces à grande eau et on les sèche avec du papier buvard. On détache ensuite les pièces des moules, ce qui se fait facilement quand on a préparé les moules en prenant les précautions que nous indiquerons plus loin.

Appareils composés. Nous avons dit plus haut que l'appareil était composé quand le courant galvanique était produit dans un vase séparé de celui qui contient la dissolution à décomposer. On peut alors employer un courant aussi faible ou aussi énergique que l'on veut en employant un ou plusieurs éléments voltaïques de formes et de grandeurs diverses. On dispose l'opération de la manière suivante (fig. 1048) : A est la pile, B la caisse où on verse la liqueur, le sulfate de cuivre par exemple.

On suspend les moules qu'on veut recouvrir à une tige *a b;* en face, on met une plaque *f d*, du métal qu'on doit faire déposer, une plaque de cuivre dans la circonstance actuelle, pour servir d'électrode soluble. La pile étant chargée on met *f d*, en communication par un fil de laiton avec le pôle cuivre *f*, et *a b*, en communication avec le pôle zinc *z*.

Nous n'avons rien à dire sur la disposition particulière des moules, ni sur l'emploi de la dissolution à décomposer, si ce n'est qu'il est bon d'opérer à une température de 40 à 70°. L'emploi seul de la pile a besoin d'être fait avec discernement ; aussi allons-nous décrire les principaux instruments voltaïques dont on peut se servir dans la galvanoplastie.



1048.

Nous commencerons par parler de l'emploi du zinc amalgamé imaginé par Kemp; il présente trois avantages importants. Le premier, dit M. Becquerel, est que l'équivalent complet d'électricité s'obtient par l'oxydation d'une certaine quantité de zinc, c'est-à-dire que si l'on opère avec l'appareil simple la décomposition d'un sel métallique en dissolution, on obtient un équivalent de zinc consommé, c'est-à-dire, ajouterons-nous, que l'électricité produite dans l'action chimique est tout entière portée sur son récipient quand on emploie le zinc amalgamé, tandis qu'avec le zinc ordinaire il s'en perd une partie. Le second avantage est que le zinc n'est pas attaqué quand le circuit n'est pas fermé, tandis qu'avec le zinc ordinaire l'acide étendu agit constamment. Enfin, le troisième avantage, ainsi qu'il résulte des expériences de M. Faraday, est qu'on obtient une action régulière, tandis que, avec le zinc ordinaire, l'action est très capricieuse et procède par saccades. La régularité de l'action électrique dépend aussi du reste de l'état de pureté de l'acide; on conseille, pour le moment, d'employer de l'acide le plus pur possible, parce que, s'il s'y trouvait de l'acide nitrique, le zinc, quoique amalgamé avec grand soin, serait bientôt détruit sans avoir produit tout son effet utile. Mais il n'est pas prouvé qu'il n'y ait pas certaine substance qui, mise dans l'acide sulfurique, produirait le même effet que l'amalgamation. Les récentes expériences faites par M. Millon sur les phénomènes curieux que présente la décomposition de l'eau par l'acide sulfurique en présence de quantités infiniment petites de matières étrangères, nous semblent imposer une très grande réserve à toutes les prescriptions qu'on serait tenté de donner sur ce sujet.

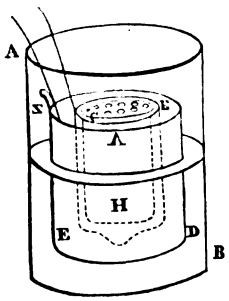
L'amalgamation s'effectue d'une manière très simple. Dans une soucoupe on verse de l'eau, de l'acide sulfurique pur et du mercure; ensuite, avec une brosse, on prend un peu de ce mélange et on frictionne la surface du zinc jusqu'à ce qu'elle ait acquis une surface brillante.

Les piles qu'il est le plus convenable d'employer sont celles de Daniell, de Grove et de Bunsen; nous allons les décrire, ainsi que la pile du prince Bagration, qui est encore peu connue, peu employée, mais qui mérite d'être essayée, car elle ne coûte presque aucune dépense d'entretien.

Pile de Daniell. La pile à courant constant de Daniell, telle qu'on l'emploie le plus ordinairement, se compose (fig. 1049) d'un bocal A B, qui contient une dissolution saturée de sel marin, où plonge un cylindre Z D, de zinc amalgamé. Dans l'intérieur de ce cylindre est suspendu un sac E E en baudruche, en toile à voile, ou

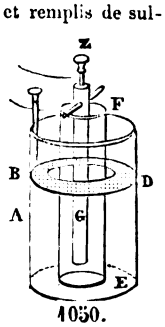
Digitized by Google

en intestin de bœuf, qui contient un cylindre de cuivre C K H, creux, fermé par les deux bouts, et lesté avec du sable, afin qu'il reste plongé dans la dissolution de sulfate de cuivre que contient le sac. Pour entretenir cette dissolution de sulfate de cuivre à saturation, des cristaux de ce sel sont placés à la partie supérieure C K du cylindre de cuivre et immergés dans la dissolution de manière à s'y dissoudre, quand elle s'épuise. Deux appendices métalliques sont soudés en Z et en C, pour servir de réophores, ou conducteurs du fluide électrique. Il est inutile de dire qu'on peut établir une batterie de plusieurs éléments semblables à celui que nous venons de décrire en réunissant le cuivre du premier avec le zinc du second, etc. Aussitôt que le circuit est formé, la dissolution de sel marin agit sur le zinc pour le dissoudre, tandis que le sulfate de cuivre laisse déposer son cuivre sur le cylindre C H K; il résulte de là un courant qui est remarquable par la constance de ses effets, c'est-à-dire que la même quantité d'électricité est produite pendant très longtemps.

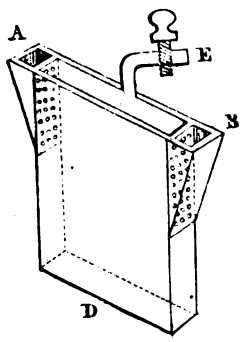


1049.

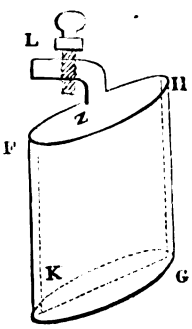
Cette disposition quoique très usuelle a un inconvénient, c'est qu'elle ne permet de recueillir que l'électricité dégagée par l'action chimique sur la face du zinc qui regarde la membrane et le cylindre du cuivre. M. Becquerel a modifié la forme précédente afin de recueillir l'électricité dégagée sur les deux faces du zinc. Pour cela il suffit de disposer une auge en cuivre (fig. 1051) A B D, ayant 0m,18 de hauteur, 0m,14 de largeur et 0m,03 d'écartement, munie de deux appendices A et B en biseau, communiquant avec l'intérieur de l'auge par plusieurs ouvertures, et remplis de sulfate de cuivre. Dans cette auge on verse une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et on y plonge un sac de toile à voile F G K (fig. 1052), contenant une lame de zinc Z K, de 0m,12 de largeur. Deux vis de pression L et E permettent, soit d'assujettir aux deux pôles obtenus les fils conducteurs du courant, soit de serrer le cuivre d'un élément avec le zinc du suivant. On voit bien que chaque face de la lame de zinc est en présence d'une surface de cuivre.



1050.



1051.



1052.

On a encore fait subir plusieurs changements de forme à la pile de Daniell; nous ne citerons plus que le suivant qui est assez avantageux (fig. 1050). A, vase de cuivre; B D, tablette percée de trous pour recevoir les cristaux de sulfate de cuivre qui doivent entretenir à un degré de saturation constante la dissolution de ce sel contenu dans le vase A; E F, vase poreux où se trouve de l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique ou le sel marin, et où plonge un cylindre de zinc amalgamé G; C et Z, deux vis de pression pour attacher les fils conducteurs des pôles-cuivre et zinc, ou pôles positif et négatif.

Pile de Grove. Il n'y a pas de pile qui ait une plus grande intensité que celle imaginée par Grove, et à cause de cela elle n'est guère employée dans la galvanoplastie. On peut la construire très petite, et cependant avec quatre ou cinq éléments on peut produire les effets les plus énergiques, faire toutes les décompositions et rougir un fil de platine. Ainsi on peut ne donner à chaque couple qu'une dimension de 3 centimètres, en prenant pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé plongeant dans de l'eau salée, et à l'extérieur du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Le zinc est négatif et le platine positif.

M. Smee a beaucoup simplifié cette pile, en composant ce qu'il appelle une *pile de débris*, pile qui permet d'utiliser les nombreux fragments de zinc et le mercure qui forment les résidus d'expériences faites avec les piles galvaniques. Il place dans le fond d'un vase tous les fragments de zinc, et les couvre de mercure dans lequel il plonge un fil d'argent contenu dans un tube de verre, de manière à ce qu'il ne communique par aucun point avec l'acide sulfurique étendu dont on remplit le vase. Ce fil d'argent est mis en contact par une vis de pression avec le conducteur du moule à recouvrir. D'un autre côté, une plaque d'argent platinisé est suspendue dans le liquide, le plus près possible du mercure, sans y toucher, et est réunie par un fil conducteur et une autre vis de pression avec l'électrode soluble.

M. Smee a aussi imaginé un élément remarquablement simple (fig. 1053); une plaque d'argent platinisé est entourée par une plaque de zinc recourbée; le zinc est le pôle positif, et la lame platinisée le pôle négatif. Le seul liquide nécessaire pour exciter cette pile est composé d'une partie d'acide sulfurique et de sept parties d'eau. On peut accroître la puissance de l'appareil, en augmentant la dose d'acide qui ne doit cependant jamais former plus du quart de la masse totale du liquide. L'addition de quelques gouttes d'acide nitrique produit encore une augmentation d'intensité du courant, mais cet acide pourrait attaquer l'argent, et il vaut mieux ne l'employer que lorsque la plaque négative est formée intégralement de platine.

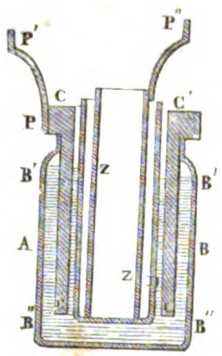

1053.

Pour platiniser la plaque d'argent, on commence par rendre sa surface rugueuse, en la brossant avec un peu d'acide nitrique concentré; puis, après l'avoir lavée, on la place dans un vase contenant de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, à laquelle on ajoute quelques gouttes de chlorure de platine. Un vase poreux, dans lequel on a préalablement versé de l'acide sulfurique étendu, est plongé dans le liquide, et reçoit à son tour une lame de zinc. Aussitôt que la communication est établie entre les deux métaux, le platine est précipité à la surface de l'argent, sous la forme d'une poudre métallique noirâtre. La plaque d'argent retirée de l'appareil est alors prête à jouer son rôle (*Traité de Galvanoplastie*, par Walker, traduit par le docteur Fau).

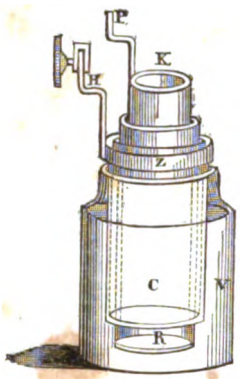
Pile de Bunsen. Cette pile est établie sur les mêmes principes que celle de Grove; elle n'en diffère qu'en ce que le platine est remplacé par un cylindre de charbon.

Digitized by Google

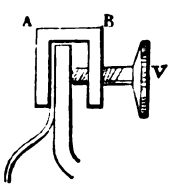
Elle est d'un service facile et propre, et son prix d'ailleurs est peu élevé; MM. Lerebours, Deleuil, et autres, ne vendent que 4 francs l'élément fait de la manière suivante (fig. 1054). (Description que nous empruntons au *Manuel Roret*.) A B, bocal en verre rempli jusqu'en B' B' d'acide nitrique du commerce; C C', cylindre creux de charbon plongeant dans l'acide jusqu'en B"B", et soutenu sur le bord du vase par un rebord qui fait corps avec le charbon. Un anneau ou virole en zinc, ou mieux en cuivre, P, s'ajuste à frottement doux sur le cylindre de charbon, et se termine par un appendice P' destiné à établir la communication soit avec le zinc d'un autre élément, soit avec l'électrode soluble de l'auge à précipiter, si l'on n'emploie qu'un seul élément. D D, diaphragme en terre poreuse contenant de l'acide sulfurique étendu et le cylindre creux de zinc amalgamé Z Z, qui se termine également par un appendice P", servant à faire communiquer le zinc avec l'élément charbon d'un autre couple, ou à rattacher le conducteur du modèle qu'il s'agit de recouvrir.



1054.



1055.



1056.

Ces diverses communications s'établissent au moyen d'un étrier à vis représenté à part (fig. 1055), et en place (fig. 1055) en H. Ce petit appareil si simple, imaginé par M. Lerebours, peut être fort utile dans une foule d'expériences électro-métallurgiques. On aura soin de bien décaper, à l'aide de gros papier de verre, les appendices des deux pôles de la pile, et les rubans de cuivre, bien préférables aux fils du même métal pour établir les communications; l'intérieur des étriers devra aussi être décapé, et les vis seront assujetties de manière à établir un contact parfait entre toutes les parties réunies. La fig. 1055 représente la pile de Bunsen toute montée.

On charge la pile en remplissant à moitié le bocal d'acide nitrique du commerce étendu de son volume d'eau, et le diaphragme, d'eau acidulée très faiblement par l'acide sulfurique.

La pile de Bunsen est d'un prix peu élevé et elle présente une grande énergie d'action sous un petit volume; sous ce double rapport, elle pourra être adoptée par un grand nombre d'expérimentateurs, encore bien qu'ils ne puissent pas toujours la construire eux-mêmes à cause de la difficulté que présente pour quelques-uns la confection des cylindres de charbon.

Sous le rapport de son intensité, M. Bunsen a constaté qu'elle est à peine inférieure à celle d'une pile de Grove de même dimension; un seul couple suffit pour fondre un fil de fer mince, et peut servir aux expériences de galvanoplastie, de dorure, etc.

Le cylindre en charbon est sujet à se casser; il faut donc savoir le préparer, ce qui est facile. On fait un mélange intime et en poudre impalpable de 1 partie en poids de houille et 2 p. de coke; les proportions varient suivant la qualité de la houille dont on augmente la quantité, lorsqu'elle n'est pas assez grasse, afin d'avoir des charbons qui se mouillent bien; quelques personnes ajoutent au mélange des charbons, 2 parties de farine de seigle.

Le mélange est introduit dans un moule cylindrique de tôle, au centre duquel on place un petit cylindre de bois ou de carton, afin de ménager dans le charbon une cavité intérieure, et de faciliter le dégagement des gaz pendant la calcination.

Ainsi rempli du mélange de charbon et de coke, le moule est fermé au moyen d'un couvercle mobile bien assujetti et luté exactement. On le chauffe ensuite progressivement jusqu'au rouge. On prolonge cette calcination jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé.

Cette opération terminée, le charbon est retiré du moule; il peut alors se prêter au travail de la lime et de la scie, sans se briser: il pourrait même recevoir sur le tour la forme convenable.

Toutefois, avant de procéder à cette dernière opération, et pour donner plus de cohésion aux cylindres de charbon, il est indispensable de les tremper à plusieurs reprises dans une solution concentrée de mélasse, de les faire sécher, et de les soumettre à une nouvelle calcination aussi intense que possible.

Pile du prince Bagration. D'après M. Jacobi, qui en a récemment publié la première description, la pile du prince Bagration, d'une construction entièrement nouvelle, l'emporte de beaucoup sur toutes les piles qui ont été imaginées jusqu'à ce jour, et par la constance de ses effets, et par son extrême simplicité, et surtout par le peu de soin qu'exige sa manipulation. Ainsi elle peut fonctionner pendant six semaines et plus, avec une constante régularité, sans qu'il soit nécessaire d'y apporter le moindre changement. D'ailleurs elle est d'une construction tellement simple qu'elle peut être établie dans toutes les localités et par les personnes les plus étrangères aux manipulations chimiques et physiques. Enfin elle ne coûte presque rien. L'invention de cette pile est donc évidemment de nature à opérer une révolution véritable dans l'art de réduire les métaux, et à résoudre plusieurs questions d'industrie encore obscures.

On prend un pot à fleur ou tout autre vase imperméable à l'eau. On le remplit de terre saturée d'une dissolution assez concentrée d'hydrochlorate d'ammoniaque ou sel ammoniac. On y place ensuite à quelque distance l'une de l'autre une plaque de cuivre C et une plaque de zinc Z (fig. 1057). On obtient ainsi un couple voltaïque dont l'action peut se maintenir constante pendant des mois entiers et même des années, si on a soin d'humecter de temps en temps la terre, et de renouveler la plaque de zinc lorsque, par un long usage, elle sera presque entièrement dissoute.



1057.

Avant de mettre la plaque de cuivre dans la terre, il est bon de la plonger pendant quelques minutes dans une solution de sel ammoniac, et de laisser sécher jusqu'à ce qu'une oxydation prononcée se manifeste à sa superficie.

Il ne faut pas placer les deux plaques trop près l'une de l'autre; elles ne doivent pas non plus être trop petites, afin de pouvoir vaincre la résistance que la terre oppose au passage du courant.

Digitized by Google

Plusieurs éléments de cette pile peuvent être réunis en séries au moyen de conducteurs convenables. Elle devient alors susceptible d'un grand nombre d'applications, surtout dans les cas où l'on recherche moins des effets énergiques qu'une action constante, régulière et prolongée, par exemple, lorsqu'il s'agit de réduire les métaux à l'état très malléable.

La batterie dont s'est servi M. Jacobi pour faire ses expériences d'essai, se composait de vingt-quatre éléments ; il recommande d'isoler avec soin les vases qui contiennent chaque couple.

Voici maintenant la théorie que ce savant a essayé de donner de cette nouvelle pile, sans toutefois en garantir l'exactitude et la précision. Suivant lui, « la constance d'action provient de ce que l'hydrogène qui devrait se développer à la surface du cuivre est employé à réduire la couche du sel double de ce métal, qui se forme par l'action chimique du sel ammoniac sur le cuivre, de telle sorte que la constance d'action pourrait être considérée comme l'expression d'une espece d'équilibre entre cette action chimique et la réaction galvanique. La terre ferait ici l'office d'un diaphragme poreux qui empêcherait le sel de zinc d'aller se réduire sur le cuivre par l'action du courant, et qui s'opposerait en même temps à ce que le zinc ne puisse réagir chimiquement sur le sel de cuivre. Il n'est pas impossible non plus que la terre, comme tout corps poreux, absorbe les bulles d'hydrogène qui, dans les piles ordinaires, recouvrent l'élément negatif, et diminuent ainsi la force électrique. »

Sans doute cette théorie est encore obscure, mais elle ne l'est peut-être pas davantage que celle des deux fluides, admise pour expliquer tous les phénomènes électriques. Nous engageons vivement tous les industriels qui s'occupent de dépôts metalliques, soit dans la dorure, argenture, ou autres procédés analogues, soit dans la galvanoplastie, à faire des essais avec cette nouvelle pile. Elle présente sur tous les autres appareils un avantage énorme dont nous n'avons pas encore parlé ; elle ne répand aucune émanation acide. Cet avantage sera vivement apprécié par tous ceux qui tiennent à rendre les ateliers moins insalubres.

DES BAINS.

Les appareils à l'aide desquels on doit décomposer les diverses combinaisons métaliques employées dans la galvanoplastie, étant maintenant décrits, nous allons donner quelques détails sur les combinaisons elles-mêmes.

Bains d'or. On n'emploie dans la galvanoplastie que les bains que nous avons décrits à l'article DORURE, soit pour la dorure galvanique, soit même pour la dorure par immersion ; d'ailleurs, on ne dépose l'or qu'exceptionnellement, afin de dorer les précipités de cuivre qu'on cherche à obtenir plus généralement.

Bains d'argent. Les bains dont on se sert dans l'argenture peuvent tous être employés en galvanoplastie. De tous les sels dont on peut se servir, le nitrate d'argent est le moins convenable. Le sulfate d'argent convient bien pour les métaux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène que l'argent. Le choix du sel que l'on doit employer dépend donc de la nature du moule, qui peut être d'or, de platine, d'argent, de cuivre, de charbon, ou d'une matière plastique recouverte d'une de ces substances.

Bains de platine. Les dissolutions du platine sont celles du platinage (voir DORURE). Nous ajouterons seulement que M. Boettger annonce qu'il est parvenu à obtenir un dépôt de platine d'une grande adhérence, d'un éclat spéculaire, et résistant à l'action des acides, même bouillants, au moyen d'une solution de chlorure double d'ammoniaque et de platine dans l'eau bouillante, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'ammoniaque liquide quand elle est arrivée à une température modérée, et que l'on soumet à l'action de la pile quand elle est encore chaude ; cela mérite confirmation.

Bains de nickel. Le nitrate de nickel ou le sulfate ammoniacal de protoxyde de ce métal peuvent être employés.

Bains de cuivre. Voici ce qu'en dit M. Becquerel : « Le sulfate, le chlorure, le nitrate et l'acétate, sont les combinaisons employées, mais surtout le premier sel, en raison de son prix peu élevé. Ce sel offre une résistance considérable au passage du courant galvanique ; aussi augmente-t-on le pouvoir conducteur de la dissolution en y ajoutant une petite quantité d'acide sulfurique ou nitrique. Suivant M. Smee, une dissolution qui renferme 500 grammes de ce sel, 2 kilogr. d'eau, et un tiers à moitié de son volume d'acide sulfurique étendu de huit parties d'eau, est d'un bon usage, surtout quand on opère sur des substances non conductrices, recouvertes d'une couche de plombagine.

« L'addition d'acide nitrique a cela d'avantageux, que l'acide attaque l'électrode soluble, ce qui facilite le passage du courant en rendant la dissolution plus forte. Il faut bien se garder d'ajouter un acide quand la matiere du moule est plus oxydable que le cuivre. MM. Jacobi et Spencer ont émis l'opinion qu'il y a toujours inconvénient à se servir d'une dissolution acide ; cependant beaucoup de personnes en font usage.

« Le nitrate de cuivre exige un courant initial moins fort pour être décomposé ; mais son prix élevé ne permet pas de l'employer dans les opérations en grand. M. Smee emploie 500 grammes de ce sel et un litre d'eau acidulée, avec 16 grammes d'acide nitrique concentré. Avec cette dissolution, on peut obtenir très promptement une plaque de cuivre. L'électrode soluble en cuivre doit être de la même dimension que le moule, et ils doivent être placés à un centimetre de distance.

« Le chlorure ne présente aucun avantage, ainsi que les autres sels solubles de cuivre.

« L'électrode soluble est toujours en cuivre ; quant au moule, il peut être fait de plombagine, de charbon, d'or, d'argent, de platine, de palladium, de nickel, et même de cuivre. »

Bains de zinc. Le sulfate de zinc est le bain qu'on emploie ordinairement.

Bains de plomb. L'acétate très étendu, acidulé avec de l'acide acétique, ou une petite quantité d'acide nitrique, est le sel que M. Becquerel conseille d'employer.

Bains d'étain. L'étain, ainsi que le plomb, présente beaucoup de difficultés à la réduction par la pile. On peut se servir de la dissolution d'étain dans l'eau régale, acidulée par l'acide nitrique.

Dans ces courts détails sur les dissolutions à employer en galvanoplastie, nous n'avons pas attiré expressément l'attention du lecteur sur quatre conditions essentielles, d'où dépend complétement le succès de l'opération, et qui malheureusement n'ont pas encore été clairement formulées en lois nettes et précises. Ce sont : 1° l'intensité de la pile ; 2° le degré de concentration et de conductibilité de la dissolution ; 3° sa température ; 4° la disposition et la grandeur relatives des deux électrodes. Ainsi que l'a remarqué M. Boquillon, qui est, de tous ceux qui se sont occupés de galvanoplastie, celui qui a fait les observations les plus circonstanciées sur l'état moléculaire des dépôts métalliques, ces dépôts peuvent être durs, cassants comme de l'acier, mous et flexibles comme du plomb, posséder des qualités intermédiaires, ou bien être formés d'une poudre noire ou de cristaux plus ou moins considérables, selon que les quatre conditions sont entre elles dans certaines relations. Ces relations sont encore mal définies, et nous nous fions bien mieux à l'habitude acquise au bout de quelques jours d'essai, qu'à toutes les règles vagues fournies jusqu'à présent.

Digitized by Google

Dans tous les cas, voici ce que M. Boquillon a observé. Toutes choses égales d'ailleurs, un électrode positif plus grand que l'électrode négatif ou moule, tend à produire sur ce dernier un dépôt cristallin, qui va jusqu'à l'état pulvérulent, si la différence de leurs dimensions est très considérable. Le contraire a lieu si l'électrode négatif est plus grand que l'électrode positif. L'élévation de la température tend à produire de semblables effets.

Si l'on considère trois cas, que dans le premier la dissolution soit complétement saturée, que dans le second elle le soit moins, et que dans le troisième le sel ne se trouve qu'en très petite quantité, ainsi que l'a fait M. Boquillon, il pourra arriver que le dépôt obtenu dans le premier cas soit dur, cassant, que celui du second cas soit plus flexible, et que le dépôt du troisième cas soit formé d'une masse spongieuse de cristaux non agrégés, et finisse par ne présenter qu'une poudre noire très divisée, n'ayant aucune adhérence. Eh bien, si l'on affaiblit l'intensité du courant, le troisième dépôt deviendra ce qu'était le second dans la première expérience. Le second dépôt sera plus mou, et enfin le premier pourra avoir les propriétés du second.

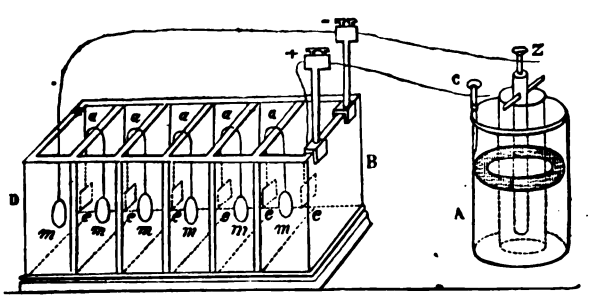
Cela donne un exemple des nombreux phénomènes qui se passent dans ces actions, encore trop peu étudiées.

On peut augmenter l'intensité du courant galvanique, tout en conservant la même pile, extérieure à la dissolution, par le procédé suivant, qui est surtout employé quand on agit sur une dissolution difficile à réduire; ce sont plusieurs appareils simples (fig. 1058) réunis en pile :

A, élément de Daniell.

B, auge divisée en six compartiments au moyen de diaphragmes poreux.

Sur ces diaphragmes sont placés à cheval cinq fils métalliques pliés, *a a a*, supportant à une extrémité un moule *m*, plongeant dans l'un des compartiments, et à l'autre extrémité un électrode soluble *e*, plongeant dans le compartiment voisin, de l'autre côté de la cloison poreuse.



1058.

Toutes les auges sont pleines de sulfate de cuivre, par exemple, et l'élément voltaïque A est chargé. Alors on met le pôle positif C en communication avec un électrode *e*, dans le compartiment extrême B, qui fait communiquer le compartiment B et le compartiment D, et alors dans ce dernier fait arriver sur le moule *m* le conducteur négatif attaché au pôle zinc *z*; au bout de deux minutes ce moule sera recouvert, et on n'aura plus à craindre l'action chimique qu'il aurait pu subir. Cela fait, on retire du compartiment D, l'extrémité du fil qui relinit les deux compartiments extrêmes, on le plonge dans le compartiment voisin de D, et on place le premier fil plié, *eam*; au bout de quelques instants, le nouveau moule sera encore recouvert. On agit de même pour le troisième compartiment, et ainsi de suite. Toutes ces précautions étant prises, on comprend bien comment il se fait que l'intensité du courant est multipliée, puisque deux compartiments voisins, séparés par une cloison supportant un fil *e a m*, constituent un appareil simple.

DES MOULES.

Tout corps conducteur du courant électrique peut être employé à former un moule propre à la galvanoplastie, pourvu qu'il ne soit pas de nature à être attaqué par la dissolution, et à réagir sur le métal précipité. Un moule non conducteur, satisfaisant à ces mêmes conditions, peut aussi être employé quand on prend la précaution de donner à sa surface la faculté conductrice par une couverte très mince d'un corps conducteur en poudre.

Moules métalliques. Les corps conducteurs susceptibles de donner des moules sont : les métaux, le charbon bien calciné et la plombagine. Or, la dissolution la plus communément employée dans les opérations galvanoplastiques est le sulfate de cuivre, sur lequel, comme on sait, agissent le zinc, l'étain et le fer. Ces trois métaux usuels ne pourront donc pas être employés pour faire des moules. Le platine et l'or réunissent bien toutes les conditions voulues, mais leur prix élevé ne permettra pas qu'on les emploie dans des opérations en grand.

Ces exceptions posées, il ne reste parmi les métaux usuels que l'argent, le cuivre et le plomb, ainsi que les alliages de ce dernier pour la fabrication des moules métalliques.

L'argent, ne pouvant être précipité que par l'or et le platine, doit être employé pour réduire les métaux, quand on veut que le dépôt précipité soit d'une grande pureté.

Les feuilles d'argent pur, dit M. Smee dans ses éléments de galvanoplastie traduits par M. de Valicourt, dont l'épaisseur est calculée de manière à peser 3 grammes 333 milligr. par décimètre carré de surface sont employées par les faux monnoyeurs dans leur coupable industrie; le procédé qu'ils suivent consiste à mettre la pièce de monnaie qu'ils veulent imiter sur une planche de bois; sur cette monnaie, ils appliquent une feuille d'argent, puis ils frappent doucement sur cette dernière jusqu'à ce qu'elle présente une copie fidele de l'original, résultat qui ne tarde pas à être obtenu : cela fait, ils recommencent la même opération pour la face opposée. Les deux disques d'argent sont ensuite soudés par leurs bords; et le fabricant commet un crime et risque sa tête pour la pièce de fausse monnaie qui lui a coûté tant de peine. Sans doute le lecteur n'aura pas même l'idée de recourir à cette fraude, et il n'est pas nécessaire d'en dire davantage; mais on comprendra facilement que le même procédé peut être mis en usage, avec une meilleure intention, par l'électro-métallurgiste, pour obtenir un moule.

On obtient des moules très avantageux avec le cuivre en opérant un dépôt électro-chimique de ce métal sur la pièce originale ou sur un plâtre convenablement métallisé comme il sera dit plus loin.

Le plomb en feuilles préalablement dépouillé à l'aide du raclage de l'oxyde qui le ternit, puis aplati en le mettant sur une plaque de fer qu'on soumet à l'action d'une presse, peut recevoir l'empreinte de la gravure la plus délicate; il suffit pour cela d'appliquer l'objet à copier sur la feuille de plomb, et cette dernière sur la plaque de fer, et de comprimer le tout à l'aide du cylindre d'une presse. Cette méthode est parfaite et suffit pour tous les cas. La pression à l'aide d'un rouleau est beaucoup plus forte qu'une pression directe, quoique

Digitized by Google

les instruments employés par les estampeurs soient doués d'une grande énergie.

Cette méthode revient à faire un *clichage par compression;* elle exige que les objets dont on veut avoir une empreinte soient composés d'une matière assez résistante pour supporter la pression à laquelle ils sont soumis. Il est préférable, pour cette raison, de faire un *clichage par percussion à froid*. Un coup de poing ou de marteau appliqué sur une médaille placée sur une lame de plomb bien nettoyée et brillante suffit pour donner une empreinte parfaitement nette, et on peut copier de la même manière un cachet en cire à cacheter. On ne pourrait obtenir ce résultat par une simple pression, mais on y parvient par un coup sec.

Les alliages de plomb que l'on peut employer sont la soudure des plombiers, le métal fusible de d'Arcet, le métal fusible de Newton, l'alliage qui sert à la fonte des caractères typographiques, et le métal en usage en stéréotypie. Nous renvoyons pour la fabrication de ces composés aux mots ALLIAGES et STÉRÉOTYPIE.

Pour fabriquer des moules avec tous les alliages fusibles il faut avoir recours aux procédés du clichage par fusion seule, ou par fusion et percussion, procédés qu'on trouvera décrits aux articles POLYTYPIE, STÉRÉOTYPIE et MOULAGE EN MÉDAILLES.

Toutefois pour les personnes qui tiendraient à ne pas avoir recours aux clicheurs de profession, nous dirons quelques mots des moyens qu'elles peuvent employer pour clicher des médailles à la main.

Afin d'obtenir des empreintes avec la soudure des plombiers, il suffit de prendre une partie de cet alliage en fusion, de le verser sur un morceau de papier placé lui-même sur un morceau de drap, d'appliquer la médaille sur l'alliage, de mettre par-dessus une planchette de bois et de frapper un coup sec.

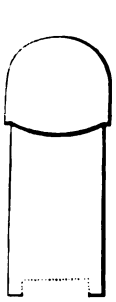
Avec l'alliage de d'Arcet, ainsi que l'indique M. Walker, il suffit de le couler liquide dans le couvercle d'une boîte en carton, et quand il est dur ou pâteux, prêt à se solidifier, ce qu'on reconnaît quand sa couleur passe du brillant au mat, on laisse tomber dessus, de 8 à 10 centimètres de hauteur, la médaille qui doit être froide. On doit avoir eu soin, avant de laisser tomber la médaille, de débarrasser la superficie du métal de la couche d'oxyde qui a pu s'y former, en la raclant avec une carte.

M. Walker a perfectionné son procédé de clichage de la manière suivante :

« Formez un alliage, ainsi qu'il a été dit précédemment, avec les métaux ci-après :

Bismuth.	8 parties
Etain.	4
Plomb.	5
Antimoine	1

« Tournez alors un mandrin cylindrique de bois et creusez, à l'une de ses extrémités, une cavité du diamètre exact de la médaille et un peu moins profonde que son épaisseur (fig. 4059).



4059.

« Faites-y entrer cette médaille en l'assujettissant, s'il le faut, avec un peu de papier.

« Placez sur une table une petite capsule de fort papier ayant des bords de 6 à 8 millimètres de hauteur. Huilez légèrement le fond de cette capsule, et versez-y une certaine quantité d'alliage en fusion. Remuez le métal avec deux cartes jusqu'à ce qu'il prenne une consistance pâteuse, et qu'il paraisse sur le point de se cristalliser. Ayez alors une gaîne cylindrique de carton de 7 à 8 centimètres de hauteur et d'un diamètre plus grand que le mandrin, placez-la vivement au-dessus de la capsule, et prenant rapidement le mandrin d'une main, frappez un coup léger et bien d'aplomb sur le métal contenu dans la capsule. La gaîne de carton a pour but d'empêcher le métal de s'éparpiller au moment de la percussion, ce qui pourrait brûler l'opérateur. »

Enfin M. Bœttger propose d'employer un alliage fondant à 108 degrés et composé de :

Plomb	8 parties
Bismuth.	8
Etain.	3

Lorsque la combinaison des métaux a été bien opérée au moyen de plusieurs fontes répétées, on verse une partie de l'alliage dans une petite capsule de carton; on l'agite avec un fil de fer chauffé au rouge jusqu'à ce qu'il soit prêt à se solidifier; puis, au moment précis où le métal forme une pâte homogène, on y applique la médaille préalablement chauffée au point de pouvoir la tenir encore dans la main; on l'appuie alors fortement au moyen d'un tampon de bois garni d'un disque de liége, et on maintient la pression jusqu'à ce que le métal soit presque entièrement refroidi.

Dans tous ces procédés, du reste, le moule ne doit être séparé de la médaille qu'après son entier refroidissement.

L'imperfection de ces méthodes et le manque d'habitude de ces opérations, qui exigent de la précision, doivent engager les opérateurs à avoir recours aux procédés exacts des clicheurs pour tous les ouvrages soignés, comme planches typographiques, etc.

Moules plastiques. Ces moules sont faits en cire à cacheter, cire vierge, cire composée, stéarine, papier, plâtre, soufre.

Cire à cacheter. Il importe d'employer de la cire à cacheter de la meilleure qualité (voir ce mot) pour obtenir des empreintes exactes. Les graveurs prennent les empreintes de la manière suivante : ils présentent une carte au-dessus de la flamme d'une bougie, en frottant doucement la partie chauffée avec un bâton de cire. Quand ils jugent qu'il y en a assez de déposée, ils appliquent le cachet. Pour obtenir de larges empreintes, on enflamme, au moyen d'une bougie, un bâton de cire sur une longueur de 8 à 10 centimètres. On reçoit ensuite sur une carte les gouttes de cire fondue. Quand on en a une quantité suffisante, on éteint, on remue en tournant jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulles d'air, et alors on applique l'objet qu'on veut reproduire, en le maintenant sur la cire avec une forte pression. Si l'objet est en métal, il absorbe la chaleur et n'adhère point à la cire; mais si l'objet n'est pas métallique, il faut plonger le tout dans l'eau froide, afin de pouvoir faire la séparation. Si l'objet est en bois, il faut le frotter préalablement avec de l'huile d'olive.

Cire vierge. On place l'objet légèrement huilé à la surface d'une espèce de sac en papier, et on y verse ensuite la cire fondue, en ayant soin qu'aucune bulle d'air n'adhère au modèle.

Quand le modèle est en plâtre, on lui fait absorber à saturation de l'eau chaude, mais pas cependant au point que cette eau paraisse à la surface; on met alors le plâtre dans l'espèce de sac dont nous avons parlé, et on verse la cire. On laisse refroidir dans un endroit frais, et la cire se sépare ensuite facilement du plâtre.

Comme la cire et les substances analogues éprouvent un retrait notable en se refroidissant, il est bon d'employer un mélange de parties égales de cire jaune et de résine. On le fait d'abord fondre, puis on le laisse reposer jusqu'à ce que toutes les bulles aient disparu, et que la composition ait acquis la consistance de la mélasse. On la coule alors sur l'objet, comme on le fait pour la cire.

Digitized by Google

Stéarine. Au lieu de cire, on peut employer la stéarine, ou mieux encore un mélange de 32 parties de blanc de baleine, 7 de cire, et 7 de graisse de mouton fondue et passée; il est bon d'ajouter au mélange une petite quantité de plombagine.

Cette plombagine est introduite, afin de donner au moule une certaine conductibilité. C'est pour cette raison que M. Lockey conseille d'employer : cire et stéarine, parties égales; plombagine lavée et tamisée, une demi-partie. C'est encore pour cela que M. Mayo fait un mélange de cire blanche et de blanc de céruse broyé très fin.

Papier et plâtre. Nous ne dirons rien ici des moyens de couler le plâtre, et de faire des moules en papier, carton pierre, etc.; on trouvera sur cet objet les détails nécessaires à l'article MOULAGE. Mais ce que nous devons donner, ce sont les moyens d'empêcher les moules faits avec les substances d'absorber les dissolutions métalliques.

Après avoir bien nettoyé les surfaces, on les brosse avec un peu d'huile siccative de lin ou de noix, qu'on a fait chauffer jusqu'à l'ébullition, afin qu'elle sèche le plus promptement possible, quand elle est appliquée sur l'objet. Il faut bien prendre garde d'en employer une trop grande quantité; car, en se desséchant, l'huile superflue remplirait les petites cavités du modèle et en altérerait le dessin. Lorsque les moules en papier ont été ainsi traités, et qu'ils ont séché pendant 24 heures, ils sont tout à fait propres à recevoir les substances conductrices dont nous parlerons tout à l'heure.

Le meilleur moyen de traiter les moules en plâtre consiste dans la préparation suivante : on les place dans une soucoupe plate, soit avec de la cire seulement, soit avec un mélange de parties égales de cire et de colophane préalablement fondues. On ne doit en mettre que la quantité nécessaire pour ne pas excéder la moitié de la hauteur du moule. On augmente un peu la température pour rendre la matière tout à fait fluide, et on frotte alors le plâtre chaud avec le liquide qui est absorbé en peu d'instants. On retire le moule et on l'égoutte de telle sorte, qu'il ne reste plus à sa surface aucune portion de la composition, et qu'il soit parfaitement uni.

Voici une table des substances qui peuvent être appliquées sur le plâtre, et que M. Smee a expérimentées avec succès; on peut se les procurer toutes facilement et à bon marché :

Le suif.	L'huile de noix.
La stéarine.	Une dissolution de colophane et de térébenthine.
Le blanc de baleine.	
La cire vierge.	Le baume du Canada.
La cire et la colophane.	Le vernis au mastic.
La colophane.	Le vernis blanc.
L'huile de lin.	Le vernis à la gomme laque.
L'huile siccative ou lithargirée.	

Soufre. Le soufre donne des empreintes extrêmement délicates; mais il a l'inconvénient grave de se combiner avec le métal précipité, aussitôt qu'il est en contact avec lui, pour former un sulfure. On remédie à cet inconvénient en revêtant le moule formé d'une légère couche de vernis.

MÉTALLISATION DES MOULES.

Une fois le moule plastique formé, il faut métalliser sa surface pour qu'il devienne conducteur du courant galvanique. La couche conductrice doit être excessivement mince, afin de n'altérer en rien les reliefs et les creux de l'objet que l'on veut représenter. On métallise les moules soit par les solutions, soit par les poudres métalliques.

Solutions métalliques. On imbibe la surface du moule d'une solution métallique, et on réduit ensuite le métal, soit par l'action de la lumière, soit au moyen d'une vapeur ou d'un gaz que l'on fait arriver sur la surface.

M. Boquillon applique sur le moule toute la quantité de la solution de nitrate d'argent que celui-ci peut retenir, et laisse le liquide s'évaporer sous l'influence de la lumière; il répète cette opération aussi souvent qu'il est nécessaire pour avoir une surface continue et d'un beau noir. Il lave légèrement la surface du moule avec de l'ammoniaque faible, et trempe celui-ci dans le nitrate d'argent qui le mouille alors parfaitement; il traite ensuite par la manière de M. Spencer, que nous allons donner. Au lieu de laver avec l'ammoniaque, on peut employer le chlorure ou le nitrate d'argent dissous dans l'ammoniaque.

M. Spencer opère de la manière suivante :

Dans un flacon contenant un peu d'essence de térébenthine, d'alcool absolu ou d'éther sulfurique, on fait dissoudre un peu de phosphore, et on garde ce flacon bouché. D'un autre côté, on prépare aussi une solution étendue de nitrate d'argent cristallisé, ou bien encore de chlorure d'or ou de platine que l'on conserve également dans un flacon.

Lorsqu'on veut métalliser un moule, on y applique, au moyen d'un pinceau très doux, une couche de la dissolution métallique. On verse alors dans une capsule, ou simplement dans un verre de montre, quelques gouttes de la préparation phosphorée; on chauffe doucement sur un bain de sable, et dès qu'il commence à se dégager des vapeurs, on expose à leur action le moule enduit de la solution métallique qui, à l'instant même, change de couleur, devient brun, et bientôt d'un noir de plus en plus foncé. Le moule peut alors être employé.

Pour préparer ainsi de petits objets, tels que des médailles, on peut les fixer, soit au fond d'un verre, d'un entonnoir, d'une cloche de verre ou de tout autre vase, suivant leurs dimensions; on place au-dessous de ce vase la capsule qui contient la préparation phosphorée, de manière à ce que toutes les vapeurs se trouvent recueillies sous cette espèce de récipient.

On peut même se dispenser de l'action des vapeurs de phosphore, il suffit d'exposer les moules à l'influence de la chaleur ou des rayons solaires pour déterminer la revivification du métal à leur superficie. Ce moyen n'est pas applicable aux moules en cire.

Pour réussir plus sûrement dans cette préparation, M. Meillet recommande les précautions suivantes :

Lorsque la solution métallique doit être appliquée sur des matières grasses ou résineuses, il est utile d'y ajouter un peu de gomme arabique.

On peut employer des sels de plomb et de mercure en dissolution.

On peut aussi remplacer la préparation de phosphore par un courant de gaz hydrogène qu'on fait arriver sous le récipient où est placé l'objet à métalliser.

Poudres métalliques. Les préparations précédentes ne réussissent pas toujours, car on observe souvent, sur les moules, des fissures qui détruisent la conductibilité électrique. Il est préférable d'employer la métallisation par les poudres métalliques, et surtout par la plombagine ou graphite.

Les poudres métalliques employées sont celles de cuivre et d'argent.

Pour avoir une poudre de cuivre très divisée, on précipite le cuivre d'une solution bouillante de son sulfate par du zinc métallique; on sépare ensuite le cuivre du zinc en excès par l'acide sulfurique étendu, et on sèche, à une douce chaleur, la poudre obtenue.

Quant à la poudre d'argent, on la prépare en faisant bouillir avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique

Digitized by Google

et du zinc pur, du chlorure d'argent récemment précipité du nitrate par du sel marin et bien lavé.

Voici un autre moyen, indiqué par M. Oechsle, pour obtenir l'argent en poudre à l'aide de la pile galvanique. Nous en empruntons la description au *Manuel Roret*.

Après avoir lavé du chlorure d'argent jusqu'à ce qu'il ne renferme plus de traces d'acide, on le fait sécher jusqu'à consistance d'une bouillie épaisse, et on le mélange en cet état avec une solution saturée de sel marin ; on le verse alors dans une capsule ou autre vase en terre poreuse. Dans un second vase en porcelaine et assez grand pour contenir le premier, on place sur deux tasseaux en verre une plaque de zinc amalgamé, puis on y verse de l'acide sulfurique étendu de 20 à 25 fois son poids d'eau. On met alors sur la plaque de zinc deux autres tasseaux de verre sur lesquels on place le tube poreux contenant le chlorure d'argent. La lame de zinc est mise en communication avec le liquide du tube poreux, au moyen d'un fil d'argent ou de platine qui plonge dans ce dernier. Il se manifeste aussitôt une action galvanique. Au bout d'une demi-heure, on remarque que le chlorure d'argent a pris une teinte grisâtre ; bientôt après il se réduit à l'état métallique. On laisse fonctionner l'appareil jusqu'à ce que tout le chlorure soit réduit, ce que l'on reconnaît à ce que, en l'agitant, la liqueur ne prend plus une apparence laiteuse et reste parfaitement limpide ; on décante alors la solution de sel commun, et l'on fait sécher la poudre d'argent.

La plombagine qu'on doit préférer doit être légère, pas trop dure, nette, unie, luisante, argentée et d'un grain fin et serré ; sa pesanteur spécifique est alors d'environ 2,089. Souvent, dans le commerce, elle est falsifiée par du molybdène sulfuré, et alors elle n'est pas suffisamment conductrice et efficace.

M. Boquillon applique de la manière suivante les poudres conductrices. Le plâtre et les matières poreuses qui ont été imprégnées d'une substance grasse ou résineuse sont dans un état favorable à l'application. Si l'on chauffe modérement le moule de manière à rendre la surface légerement onctueuse, on peut appliquer la poudre métallique avec un pinceau fin de blaireau. On peut encore placer le moule au milieu de la fumée peu dense produite par la combustion imparfaite d'un corps gras, tel qu'un mélange de cire et de résine. La couche infiniment mince qui se dépose sur la surface conserve assez longtemps la propriété de happer les poudres métalliques ou la plombagine appliquée avec un pinceau. On peut aussi employer l'huile grasse des mouleurs en plâtre, en en faisant prendre au moule autant qu'il est possible, et en desséchant l'huile avant l'immersion dans la dissolution à décomposer. Les parties du moule qui ne doivent pas recevoir de dépôt doivent être recouvertes d'un vernis.

Métallisation des poteries et du verre. Dès qu'une surface est rendue conductrice, quelle que soit la nature du corps qu'elle recouvre, on peut la revêtir d'une couche métallique par les procédés de la galvanoplastie ; on peut donc, par ces procédés, recouvrir les diverses poteries et le verre de couches d'argent, de cuivre, etc., si, à l'avance, on les a recouverts d'une couche de plombagine ou d'une poudre métallique. Or, il suffit, pour cette dernière opération, de répandre sur les poteries et le verre une couche de vernis capable de happer les poudres conductrices.

Selon M. Simson, on peut employer avec succès un autre procédé pour métalliser le verre, procédé qui évite l'inconvénient d'avoir une substance étrangère, un vernis, entre le verre et le métal.

L'objet en verre que l'on veut recouvrir de métal est soumis à la vapeur de l'acide hydro-fluorique, jusqu'à ce que sa surface prenne un aspect mat et dépoli. Il est alors facile d'y appliquer, au moyen d'une estompe de liége ou de peau, une couche excessivement mince de graphite qui y adhérera avec la plus grande force, grâce aux aspérités du verre.

Dérochage et décapage. Les moules plastiques, recouverts d'une couche conductrice par les procédés précédents, sont en état d'être plongés dans les bains à décomposer. Quant aux moules métalliques, ils doivent être d'abord dérochés et ensuite décapés. Nous n'avons rien à ajouter aux procédés de décapage donnés à l'article DORURE. Pour le dérochage on ne pourra pas employer celui que nous avons indiqué, et qui commence par un recuit, lorsqu'on aura affaire à des moules fusibles ou très délicats. Dans ce cas, et surtout lorsqu'on aura des soudures à l'étain, il faudra dérocher simplement avec une eau légerement acidulée par de l'acide hydro-chlorique, et laver dans une eau chaude acidulée par un peu d'acide sulfurique.

DES SOUDURES.

Pour établir la communication entre le moule et le pôle négatif de l'appareil voltaïque, on prend pour conducteur une bande de cuivre ou de plomb, et si le moule est métallique, on le soude sur les bords de la manière suivante :

Soudure au chlorure de zinc et à l'étain. On commence par faire du chlorure de zinc en attaquant le zinc par l'acide hydro-chlorique, et évaporant jusqu'à consistance sirupeuse ; on renferme la liqueur dans un flacon bouché à l'emeri. Pour s'en servir pour souder, on en humecte légerement, avec un pinceau, les deux surfaces à réunir, préalablement grattees avec un râcloir ; on les étame ensuite facilement avec le fer à souder et un peu de soudure d'étain ; puis, après les avoir mises exactement en contact, on achève la soudure, soit avec le fer, soit au moyen d'une lampe à esprit-de-vin.

Soudure à la stéarine. Le procédé de soudure employé par M. Lockey est encore plus simple et plus facile que le précédent, puisque chacun a sous la main la stéarine, seul corps qui soit nécessaire pour désoxyder les métaux, et déterminer leur adherence à l'aide de la soudure d'étain.

On commence par nettoyer les pièces qu'on veut souder, soit avec un grattoir, ou même avec du papier de verre. On chauffe ensuite l'objet sur la flamme d'une lampe a esprit-de-vin, et on le frotte légèrement avec un morceau de stéarine. On applique alors, sur le point chauffé, un morceau de soudure très mince, qui s'étend aussitôt et se combine intimement avec la surface du cuivre. La même opération est répétée sur la pièce qu'on veut souder avec la première. On maintient ensuite les deux objets en contact à l'aide d'une pince plate, on les chauffe simultanément, et on continue de les maintenir avec la pince jusqu'à ce qu'ils soient refroidis.

Quand le moule est formé avec une matière non conductrice, on pratique des ouvertures dans son intérieur, afin d'y introduire des conducteurs après y avoir amené la métallisation ; les précautions à prendre dépendent des pièces sur lesquelles on opère.

APPLICATIONS DE LA GALVANOPLASTIE.

§ 1. *Reproduction des monnaies et médailles.*

Pour reproduire une monnaie ou une médaille, on peut opérer de trois manières :

1° On opère directement sur la pièce en la plaçant au pôle négatif, après avoir pris des précautions suffisantes pour empêcher l'adhérence, précautions qui consistent à passer sur l'original une couche très légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc., que l'on enlève ensuite le plus possible en essuyant avec un linge fin. On obtient ainsi en creux une image, sur laquelle on opère de nouveau pour avoir une reproduction en relief ;

Digitized by Google

2° On prend l'empreinte de la pièce avec un alliage fusible, de sorte que la première opération galvanoplastique donne le relief ;

3° On prend l'empreinte avec une des substances plastiques précédemment indiquées.

Dans les trois cas, il faut éviter avec le plus grand soin l'adhérence des bulles d'air au moule ; car, sans cela, on ne pourrait pas en reproduire toute la délicatesse. Les bulles se présentent surtout quand on opère sur des moules en verre. Pour parer à cet inconvénient, il faut examiner la pièce après l'avoir mise pendant quelque temps dans la dissolution, pour voir s'il y a des bulles, et chauffer légèrement pour les faire disparaître.

Quand on agit directement sur la médaille, il faut recouvrir le revers, sur lequel il ne doit pas y avoir de dépôt, d'une matière grasse ou de cire, puis on la met en rapport avec le pôle négatif au moyen d'un fil de métal très fin fixé autour. Le revers peut être reproduit de la même manière en recouvrant la face déjà prise avec une matière grasse. L'opération étant achevée, on sépare la pièce de l'original en enlevant d'abord le cuivre qui recouvre le moule vers ses bouts, et ensuite les faces se séparent avec une grande facilité. Si parfois il y a adhérence, on peut vaincre la difficulté en chauffant ; la différence de dilatabilité opère la séparation.

Il est préférable, lorsqu'on tient à n'altérer en aucune façon une pièce originale précieuse, d'employer l'une des deux dernières méthodes. Les moules en métal fusible se détachent souvent avec peine du dépôt métallique. Dans le cas où l'adhérence ne pourrait être vaincue qu'en détériorant le dépôt, on doit fondre le moule, qui entre en fusion à une température bien inférieure à celle qui altérerait le cuivre déposé. Quant aux empreintes obtenues avec la plupart des substances non conductrices, elles se détachent si facilement que le moule n'en éprouve jamais aucune atteinte.

Chaque fois que l'on veut prendre l'empreinte de grandes médailles, comme celles de 15 centimètres de diamètre, par exemple, il est nécessaire d'employer un appareil composé, dont l'emploi, d'ailleurs, est préférable pour la plupart des opérations galvanoplastiques. La médaille *m* doit être mise à plat au fond du vase (fig. 1047) ; on l'empêche de surnager en la fixant au fond par des chevilles de bois, ou bien en faisant adhérer un morceau de plomb au revers du moule. Au-dessus de la médaille, on place une plaque de cuivre Z, de dimensions un peu plus grandes que les siennes. Enfin le moule est mis en communication avec le pôle-zinc de la pile, et le cuivre avec l'autre pôle.

Cinquante ou soixante heures d'immersion donnent une épaisseur convenable aux dépôts métalliques.

Lorsque les empreintes des deux faces d'une médaille sont obtenues, un petit artifice fort simple, dit M. de Valicourt, permet d'imiter l'original au point de tromper l'œil du connaisseur le plus exercé. On fait avec du cuivre rouge une virole du diamètre de la médaille qu'on veut imiter et de la hauteur de cette médaille. Sur cette virole, tournée et polie avec soin, on soude promptement à l'étain, ou de toute autre manière, les deux empreintes galvanoplastiques. On bronze ensuite l'ensemble obtenu, par les procédés que l'on trouve à l'article BRONZAGE.

§ 2. *Copie des cachets, sceaux, empreintes de plâtre.*

Pour copier un cachet, dit M. Smee, on recouvre son empreinte, prise avec de la cire à cacheter, d'une couche mince de plombagine, à l'aide d'une brosse dure. On fait ensuite chauffer un fil métallique fin à la flamme d'une bougie, et l'extrémité chauffée est mise en contact avec le bord du cachet pour qu'elle puisse y adhérer. On doit mettre un peu de plombagine autour du point d'insertion du fil. On met alors le cachet dans la dissolution, et on opère ensuite comme on fait pour la reproduction des médailles.

Si on veut faire une copie en relief d'un cachet de cire également en relief, il faut recourir à deux opérations : faire d'abord un creux en plâtre, et ensuite dans ce creux fabriquer un moule en relief qu'on métallise galvaniquement.

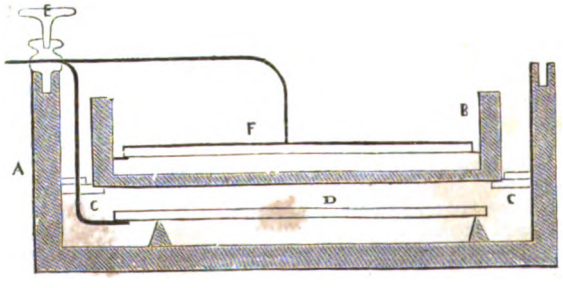
On peut aussi, pour la fabrication des cachets, employer le procédé de M. Fraser, que le docteur Fau décrit dans les termes suivants :

« L'appareil de M. Fraser est composé d'un vase cylindrique de verre ou de porcelaine, d'un diaphragme de bois poreux et d'un cylindre de zinc placé dans ce diaphragme. Une tige métallique, soudée au zinc et recourbée, supporte un anneau de cuivre qui entoure le zinc sans toucher le sulfate de cuivre. On découpe dans une feuille de cuivre mince des disques terminés par une queue ; en d'autres termes, de petites spatules dont le disque doit être un peu plus grand que l'empreinte qu'on veut reproduire. Sur ce disque, préalablement chauffé, on fait fondre de la cire à cacheter fine qu'on recouvre d'une feuille d'or battu. Il faut alors appliquer le cachet ou la gravure sur la feuille d'or et comprimer fortement. Si la cire n'était pas assez molle, il suffirait de promener le disque de cuivre sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin avant de prendre l'empreinte. La feuille d'or doit être assez large pour déborder la cire, et venir s'appliquer sur le cuivre, de manière que le fluide galvanique passe librement de la spatule à la surface de l'empreinte. On vernit exactement toutes les parties du cuivre qui doivent plonger dans le sulfate, et on recourbe l'extrémité de la spatule en forme de crochet. Cette extrémité, ainsi que l'anneau de cuivre dont j'ai parlé précédemment, seront bien nettoyés au papier de verre. Pour mettre l'appareil en action, il suffira d'accrocher les spatules sur l'anneau ; le courant s'établira aussitôt, et les empreintes ne tarderont pas à être recouvertes de cuivre. On peut ainsi disposer une douzaine d'empreintes qui, au bout de trois ou quatre jours, seront revêtues d'une couche de cuivre assez épaisse pour servir en guise de cachet. Ordinairement on monte ces cuivres sur des manches de bois, comme les cachets ordinaires. »

§ 3. *Galvanisation des statuettes, des bas-reliefs, etc.*

Pour recouvrir d'une couche de cuivre une statuette, un bas-relief, ou tout autre objet en plâtre, on peut se servir de l'appareil originairement employé par M. Spencer dans ses premiers essais de galvanoplastie, et que ce physicien décrit de la manière suivante dans une deuxième édition de son Mémoire, publiée au mois d'août 1840 :

A (fig. 1060), est une auge façonnée, en bois, en terre glaise ou en verre, à laquelle on peut donner telle façon



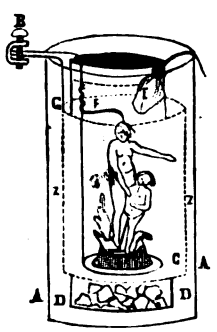
1060.

et telles dimensions qu'on désire. B est un cadre formé des mêmes matériaux, auquel on adapte un fond de gros

Digitized by Google

papier ou de terre cuite non vernie. Ce cadre, placé dans l'intérieur de l'auge A, doit reposer sur un rebord saillant CC, destiné à lui servir de point d'appui. Entre la surface externe du cadre et la surface interne de l'auge, on ménagera un espace libre de 0m,03, plus ou moins, suivant les dimensions de l'appareil, et que l'on devra garnir de cristaux de sulfate de cuivre; D, est l'objet sur lequel doit s'effectuer le dépôt : il communique par un fil de cuivre avec la vis de pression E, qui s'adapte sur le bord de l'auge A; F est la plaque de zinc, à laquelle est également soudé un fil de cuivre qui se rend de même à la vis de pression E, et établit ainsi la communication entre les deux plaques. Quelques pointes saillantes à la face interne du cadre servent à maintenir la plaque de zinc dans une position parfaitement horizontale. Elles doivent être vernies pour empêcher toute action locale; mais il vaut mieux, si l'appareil est exécuté en faïence, y faire ajouter un petit rebord saillant à l'intérieur. La plaque de dépôt est maintenue horizontale par une disposition semblable, ou par de petits tasseaux mobiles, comme l'indique la figure. Les bouts des fils doivent être avivés avant d'être introduits dans la vis de pression. Quand tout est ainsi disposé, on verse dans l'auge une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et dans le tambour une dissolution étendue de sulfate de zinc, puis on garnit de cristaux de sulfate de cuivre l'intervalle qui existe entre les deux vases. »

Cet appareil de M. Spencer, que l'on a vendu à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, n'est pas autre chose que celui décrit par M. Becquerel dans son grand *Traité d'électricité*, et reproduit plus tard, en 1836, dans les *Transactions philosophiques*, par M. Golding-Bird; cela n'est pas étonnant, puisque M. Golding-Bird se proposait de répéter les expériences de M. Becquerel, et que M. Spencer à son tour, lorsqu'il a découvert la galvanoplastie, voulait vérifier les conclusions des expériences de M. Golding-Bird. Cet appareil, d'ailleurs, a plusieurs inconvénients graves, parmi lesquels il faut mettre celui de ne pouvoir être établi par l'expérimentateur lui-même qui est forcé de l'acheter; en outre, pour consulter la marche de l'opération, il faut interrompre le courant, enlever le vase B, etc., c'est-à-dire démonter tout l'appareil. Dans le but particulier de galvaniser une statuette, il est bien préférable d'employer l'appareil (fig. 1061) imaginé par le docteur Fau, et que tout le monde est en état de construire.



1061.

« AA, vase circulaire de porcelaine de verre ou de bois, revêtu d'un mastic composé de la manière suivante : cire, 500 parties; colophane, 1250; ocre rouge, 500; plâtre de Paris, 50.

« DD, diaphragme en toile à voile, de même forme que le vase, mais d'un moins grand diamètre; ZZ, anneau de zinc, auquel est soudé un fil ou un ruban de cuivre G; C, plate-forme de cuivre supportant la statuette, et communiquant avec le zinc, au moyen du conducteur F et de la pince de pression R; E, sachet contenant des cristaux de sulfate de cuivre et plongé dans la solution cuivreuse.

« Lorsqu'on veut faire usage de cet appareil, on place le diaphragme, contenant une solution saturée de sulfate de cuivre, dans le vase de verre; on verse dans ce dernier assez d'eau salée, pour que les deux liquides soient au même niveau. On réunit alors le support de la statuette au conducteur du zinc, à l'aide de la pince de pression, et on met le tout dans l'appareil, de manière que le zinc plonge dans l'eau salée, et la statuette dans le sulfate de cuivre; enfin, on place à la partie supérieure de ce dernier liquide le petit sachet que l'on accroche au bord du vase extérieur.

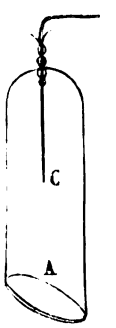
« Entre le diaphragme D et le vase A doit exister un intervalle circulaire de 0m,02. Le zinc placé dans cet intervalle ne doit pas toucher le diaphragme dont il est également distant dans tous les points de sa circonférence. Le diaphragme est proportionné aux dimensions de la statuette. La surface du zinc sera au moins égale à celle de l'objet qu'on veut recouvrir de cuivre; enfin, lorsque l'appareil sera monté, la statuette devra se trouver placée exactement au centre de l'anneau de zinc, et ne pas être trop éloignée des parois du diaphragme.

« Les amateurs sont souvent embarrassés pour monter les statuettes sur le conducteur; voici le moyen que j'emploie, et qui me paraît préférable à tous les autres.

« Je soude un fil de cuivre C à un disque A, taillé sur la forme du piédestal de la statuette; l'extrémité de ce fil est courbée, comme on le voit dans la figure 1062. J'enroule solidement sur ce conducteur un autre fil métallique B terminé en pointe; et, après avoir bien décapé toutes les parties du cuivre qui doivent être en contact, soit entre elles, soit avec la statuette, je pose cette dernière, préalablement préparée, sur le disque, et je fais descendre le fil B, jusqu'à ce que la pointe vienne se fixer légèrement dans le plâtre. Quand la statuette est trop lourde pour être maintenue par un seul conducteur, je me sers de l'étrier (fig. 1063), que je soutiens avec une baguette de verre posée en travers et supportée par le bord du vase.



1062.



1063.

« Si la pointe B a été fixée avec précaution dans le plâtre, le contact sera suffisant pour que le dépôt s'effectue; mais il sera toujours plus prudent de toucher le point de réunion avec un pinceau imbibé d'une solution de nitrate d'argent.

« Lorsque tout a été disposé avec soin, le cuivre se précipite sur la statuette avec une telle rapidité, qu'on n'a en quelque sorte pas le temps de suivre les progrès de l'opération. Il faut avoir soin de vernir exactement les conducteurs et toutes les parties métalliques; car le cuivre s'y porterait plutôt que sur la statuette, sur tout lorsqu'on a fait usage de plombagine pour la métalliser. »

§ 4. *Reproduction des fruits, légumes, végétaux.*

En cuivrant, par les méthodes décrites dans cet article, des fruits, des légumes, des feuilles, des graines et d'autres produits naturels, on peut fabriquer, soit des ornements, en conservant exactement la forme, le volume et toutes les particularités, tous les détails les plus fins de l'objet galvanisé, soit des moules qui serviront à reproduire les objets primitifs; dans ce dernier but, il suffit d'augmenter l'épaisseur de la couche métallique déposée. Par exemple, pour reproduire une pomme, une poire,

Digitized by Google

une calebasse, une pomme de terre, une graine, etc. ; on frotte le fruit avec de la plombagine, et on enfonce vers la queue ou vers le germe une petite épingle qui sert à établir la communication avec le pôle zinc de l'appareil électro-chimique ; le reste de l'opération s'effectue comme nous l'avons dit plus haut. Lorsque le cuivrage est achevé, on retire l'épingle qui laisse un petit trou par lequel on peut chasser l'eau du fruit, pousser l'évaporation jusqu'à siccité, et éviter ensuite toute fermentation ultérieure.

§ 5. *Application de la galvanoplastie à l'art du fondeur.*

On sait que pour obtenir une statue en fonte de bronze, de fer, de zinc, le sculpteur ayant fourni son modèle exécuté en terre, on en tire une épreuve en plâtre ou en cire, et que c'est sur cette dernière épreuve qu'est fait le moule en sable qui doit recevoir le métal fondu. Par la galvanoplastie, au lieu de faire un moule en relief avec de la cire ou du plâtre, et ensuite un moule en creux avec du sable, on commence par faire un moule en creux avec du plâtre, et on le revêt intérieurement de plombagine avec beaucoup de soin. Alors on plonge dans la dissolution de cuivre et on fait passer le courant électrique ; quand la couche déposée est assez épaisse, on enlève le moule qui laisse à découvert l'objet parfaitement exact.

S'il s'agit d'une statuette en ronde-bosse de petite dimension, on prend les creux de chaque moitié, on les prépare avec de la plombagine, et on rapproche ensuite les deux moitiés que l'on soude avec du plâtre ; on établit les communications avec l'appareil voltaïque, en essayant de s'arranger de façon à ce que le liquide puisse pénétrer à l'intérieur du moule et que le dépôt puisse s'y effectuer.

Si l'original a de grandes dimensions, il faudrait employer des vases d'une très grande capacité, et alors il est mieux d'opérer comme il suit : les diverses parties du moule en creux, après avoir été revêtues intérieurement de plombagine, sont réunies ensemble avec de la cire ou du plâtre rendu imperméable, de manière à former une capacité propre à recevoir la dissolution. On se sert d'une forte batterie et d'une dissolution un peu étendue, parce que le volume de la batterie ne peut être économiquement proportionné à l'étendue de la surface à recouvrir. Le morceau de cuivre qui forme l'électrode positif doit avoir une grande surface et être placé très près du moule en plâtre, afin de diminuer la résistance au passage du courant.

On ne peut obtenir ainsi une ronde-bosse d'une seule pièce ; il faut fabriquer des parties séparées que l'on soude soit à l'argent, soit à l'étain, en ayant soin de recouvrir ensuite électro-chimiquement la surface des soudures d'une couche du métal qui constitue la ronde-bosse. On avive la surface de la soudure, on la circonscrit au moyen de mastic de vitrier, de manière à former une espèce d'auge que l'on remplit de la solution métallique où plonge un fil de même métal en relation avec le pôle positif d'un couple voltaïque, la ronde-bosse communiquant avec le pôle négatif. Quand la soudure est recouverte du dépôt métallique, s'il se présente quelques protubérances, on les avive avec une lime douce.

Quant à l'application des procédés galvanoplastiques à la typographie, et par conséquent à l'art du fondeur en caractères, nous pensons qu'elle ne peut avoir d'avantages que pour la production des moules ou matrices dans lesquels on fond les caractères d'imprimerie, et pour cet objet nous n'avons rien à ajouter à tout ce que nous avons dit. Les planches stéréotypées s'obtiennent à si bon marché que nous ne pensons pas que la galvanoplastie pourrait rivaliser avec la stéréotypie sous ce rapport. On sait, en effet, que la STÉRÉOTYPIE (voir ce mot) consiste à former, pour les livres qui offrent un grand débit, une première empreinte en plâtre des caractères d'imprimerie composés, à la faire sécher au four et à prendre ensuite sur ce modèle une seconde empreinte de ce modèle. C'est pour l'obtention de cette seconde empreinte qu'interviendrait la galvanoplastie, mais elle ne le ferait pas économiquement.

§ 6. *Application de la galvanoplastie à la métallurgie.*

Il y a environ neuf ans, que M. Becquerel a annoncé qu'il était parvenu, à l'aide d'un procédé électro-chimique très simple, à extraire l'argent, le cuivre et le plomb de leurs minerais respectifs, sans avoir recours à des appareils composés, mais bien en employant des appareils simples avec du fer ou du zinc. La voie nouvelle ainsi ouverte par ce savant à l'industrie métallurgique, n'avait encore été suivie par personne, lorsque, cette année, MM. Dechaud et Gaultier de Claubry ont présenté à l'Académie des Sciences la description d'un procédé à l'aide duquel ils espèrent exploiter galvaniquement les mines de cuivre de Mouzaïa, que le gouvernement vient de concéder dans l'Algérie. A l'appui de leur description, ils ont montré différents échantillons de feuilles d'assez grande dimension, en cuivre parfaitement pur, et dont quelques-unes avaient été obtenues directement, sans travail secondaire, avec la forme que l'industrie exige pour les chaudières, etc.

Cette communication a vivement intéressé le public, et nous pensons, en conséquence, rendre un service en transcrivant ici le rapport approbateur qui a été fait à l'Académie sur le procédé de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry, par une commission composée de MM. Berthier, Dumas, et Becquerel, rapporteur.

« Avant tout, dit M. Becquerel, ce procédé exige la transformation du minerai en un composé soluble dans un liquide facile à se procurer dans le lieu de l'exploitation : c'est à cette condition-là seulement que les forces électriques peuvent agir pour séparer le métal de ses combinaisons. S'agit-il de minerais de cuivre, tels que le carbonate, l'oxyde, le sulfure ou les sulfures multiples, qui sont les plus communs, on transforme en sulfate les deux premiers, avec l'acide sulfurique, et les deux derniers en les grillant, opération qui s'exécute avec une grande perfection au Mexique, pour la préparation du magistral, agent indispensable dans l'amalgamation au patio. Une fois la sulfatisation effectuée, on lessive le minerai, et la solution est soumise à la décomposition électro-chimique dans des appareils simples. Si l'on veut obtenir le cuivre en lames, il faut disposer l'appareil pour que la solution soit constamment au maximum de saturation. MM. Gaultier de Claubry et Dechaud ont rempli cette condition, au moyen de dispositions très simples que nous allons décrire.

« Lorsque l'on superpose, dans un vase, deux dissolutions, l'une saturée de sulfate de cuivre plus dense, l'autre de sulfate de fer moins dense, si dans la première on place une lame de cuivre, dans l'autre une lame de fonte communiquant avec la première au moyen d'un conducteur métallique, on a un couple voltaïque dont l'action est suffisante pour décomposer le sulfate de cuivre ; l'oxygène et l'acide du sulfate se portent sur la fonte, d'où résulte du sulfate de fer, tandis que le cuivre se dépose sur la lame de cuivre formant le pôle négatif. Le cuivre déposé dans les premiers instants est à l'état de pureté chimique ; mais le fer devenant de plus en plus abondant, le cuivre, en se précipitant, entraîne avec lui du fer ; il devient peu à peu cassant, puis pulvérulent, à mesure que la dissolution s'appauvrit davantage. Mais, tandis que cette dissolution devient moins dense, celle du sulfate du fer, au contraire, augmente en densité ; il en résulte : 1° une dissolution de cuivre normale occupant la partie inférieure du vase ; 2° une dissolution du même sel un peu moins dense surnageant la première ; 3° une dissolution de sulfate de fer très dense ; 4° une

Digitized by Google

autre normale. Pour rester toujours dans les conditions primitives, et obtenir le cuivre en feuilles, il fallait enlever la solution de sulfate de cuivre moins dense, et celle de sulfate de fer plus dense; c'est en cela que consiste le principal perfectionnement apporté au traitement électro-chimique des minerais de cuivre, par MM. Gaultier de Claubry et Dechaud.

« Leur appareil se compose des parties que nous allons indiquer : d'une caisse en bois doublée de plomb recouvert ensuite de cire ou de tout autre substance analogue, et destinée à recevoir la dissolution de sulfate de fer. Cette caisse est pourvue de deux ouvertures : l'une supérieure, pour l'introduction de la liqueur normale; l'autre inférieure, servant à expulser la liqueur dense au moyen de syphons. Dans son intérieur, et à distance convenable, plongent des cases en cuivre ou tôle plombée, dont les extrémités et la partie inférieure sont en métal, tandis que les parois latérales sont à jour et garnies de feuilles de carton fixées solidement. Une ouverture inférieure amène également, au moyen de syphons, la dissolution concentrée de cuivre, et une autre, placée presque à la partie supérieure, permet l'écoulement de la dissolution faible.

« Dans ces cases, on place le métal négatif destiné à recevoir le dépôt de cuivre, et entre chacune d'elles, ainsi qu'à l'extérieur des deux cases extrêmes, se trouvent à demeure des plaques en fonte destinées à produire l'action voltaïque.

« Des conducteurs métalliques servent à établir la communication entre toutes les parties du couple; et on règle l'appareil de manière qu'il arrive à chaque instant autant de dissolution forte de sulfate de cuivre et de dissolution faible de fer, qu'il sort de liqueur faible de cuivre et de liqueur forte de fer : l'action se continue sans aucune main-d'œuvre.

« D'un autre côté, pour faciliter le passage du courant entre les deux dissolutions en contact et séparées par des diaphragmes en carton, ceux-ci sont percés de petites ouvertures au-dessus du niveau supérieur de la plaque négative; au moyen de cette disposition, la dissolution de sulfate de fer normale occupant la partie supérieure de la case vient s'étendre sur celle de cuivre, de sorte que l'appareil est ramené à ses conditions premières.

« Une fois l'appareil monté, on n'a besoin que d'enlever les feuilles de cuivre, quand elles ont une épaisseur convenable, et de remplacer les plaques de fonte, quand elles ont été dissoutes.

« Le mouvement des liquides s'opère au moyen de syphons en rapport avec des bassins à niveau constant; peu importe la qualité de la fonte employée; celle de la plus mauvaise qualité réussit également bien. Les feuilles de cuivre peuvent être livrées de suite au commerce; passées au laminoir, elles acquièrent la densité de celles de cuivre obtenue au laminage. »

Nous interromperons quelques instants le rapport de M. Becquerel pour puiser dans le Mémoire de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry quelques chiffres sur les rendements du procédé de métallurgie électro-chimique ci-dessus.

« A une température de 20 degrés centigrades, disent les auteurs du Mémoire, 1 mètre carré de surface reçoit jusqu'à 1 kilogramme de cuivre en 24 heures.

« Le cuivre précipité est pur, à un état physique constant; les feuilles peuvent être immédiatement travaillées au marteau ou passées au laminoir. Dans ce cas, quatre à cinq passes amènent le métal à la densité de 0,894, et l'on évite par là toutes les opérations nécessaires pour le faire passer de l'état de plateaux à celui de feuilles. Le travail n'offre aucune difficulté, ne demande point d'affinage, ne donne pas de scories. »

Malheureusement tout ne se présente pas avec autant d'avantage que la phrase précédente semble le faire croire. Les auteurs, en effet, sont bientôt conduits à avouer qu'il faut partager les produits de la manière suivante :

50 pour 100 de feuilles de cuivre pur;

25 pour 100 de cuivre divisé pur, qui ne demande qu'une fusion pour être amené à l'état de plateaux ou de lingots;

25 pour 100 de cuivre divisé exigeant un affinage.

Ainsi donc on aura encore besoin de l'action du feu dans ce procédé. Or, voyons quelles quantités, quelles masses de liquide il faudra remuer pour obtenir 1,000 kilogrammes de cuivre en feuilles.

Il sera d'abord nécessaire d'employer une quantité double de cuivre dissous, soit 2,000 kilogrammes, qui, à l'état de sulfate, représentent 5,000 kilogrammes.

Or, une partie de sulfate exige 4 parties d'eau pour être dissoute; il faudra donc 20,000 kilogr. d'eau, ce qui fera une masse de 25,000 kilogr. de liquide, ou environ de 25 mètres cubes pour le sulfate de cuivre.

On doit évaluer à une quantité à peu près équivalente le sulfate de fer nécessaire pour que l'action électro-chimique se produise.

C'est donc 50 mètres cubes de liquide au moins qu'il faut manier pour obtenir une si petite quantité de cuivre; savoir 1,000 kilogrammes en feuilles, 500 en poudre pure, 500 en poudre impure.

Pour que cette quantité fût obtenue en 24 heures, il faudrait, en outre, que les appareils offrissent une surface de dépôt d'un développement de 1,000 mètres carrés.

Ainsi, une usine devrait être montée sur un pied énorme pour opérer par le procédé électro-chimique de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry; cette énormité des appareils, des masses d'eau à remuer, etc., est un obstacle dont ne nous semble pas s'être occupé le savant rapporteur de la commission académique, car il continue simplement à dire :

« Tout le cuivre précipité n'est pas obtenu en feuilles, il n'y a guère que les trois cinquièmes et même la moitié; le reste est à l'état de poudre ou de fragments que l'on soumet à la fonte.

« Le procédé électro-chimique pour le traitement des minerais de cuivre avec le perfectionnement de MM. Gaultier de Claubry et Dechaud paraît présenter des avantages sur les anciennes méthodes de traitement; mais il exige que les minerais puissent être transformés entièrement, et à bon marché en sulfate; toute la question industrielle est là. D'un autre côté, la dissolution de cuivre, en partie épuisée, se charge de plus en plus de fer; de sorte qu'en la repassant de nouveau sur les minerais pour la saturer de sulfate, et la faisant rentrer dans l'appareil, il arrive un instant où la quantité de fer qu'elle renferme est telle que le cuivre précipité contient une certaine proportion de ce métal qui en altère la qualité : pour parer à cet inconvénient, on se trouvera dans la nécessité de ne plus repasser les dissolutions trop ferrifères sur ce minerai et de précipiter le cuivre qu'elles renferment avec du fer.

« A en juger par les expériences dont nous avons été témoins, il nous est permis de croire que l'application en grand du procédé électro-chimique, pour le traitement des minerais de cuivre, présente des chances de succès. »

Nous ne pouvons nous empêcher d'ajouter que si le succès en petit est à peu près certain, le succès en grand ne nous en semble pas moins très douteux, et nous croyons être en cela de l'avis de l'un des membres de la commission de l'Académie, car M. Dumas, après avoir lu le rapport de M. Becquerel, absent ce

Digitized by Google

jour-là de l'Institut, a cru devoir ajouter : « Je ferai remarquer à l'Académie que nous ne préjugeons rien sur l'emploi du procédé de MM. Dechaud et Gaultier de Claubry dans la métallurgie; nous parlons seulement des expériences de laboratoire faites en notre présence. »

§ 7. *Étamage des glaces par l'argent.*

Dans l'article ÉTAMAGE DES GLACES, nous avons dit que sans doute la galvanoplastie donnerait prochainement le moyen de substituer à l'amalgame d'étain, si dangereux pour les ouvriers exposés à absorber le mercure par tous les pores, un autre métal nullement insalubre. Notre prédiction s'est accomplie.

Un Anglais, M. Drayton, a trouvé, il y a déjà quelque temps, le moyen de déposer sur le verre, par des combinaisons chimiques, une couche d'argent qui donne à la glace une pureté de réflexion bien supérieure, dit-on, à celle qui provient de l'étamage par l'étain et le mercure. Mais ce moyen n'était pas industriel; il présentait des difficultés commerciales et pratiques que le cessionnaire de son brevet, en France, M. Tourasse, a mis plus d'un an à surmonter. M. Tourasse prétend pouvoir livrer, dès le 1er septembre, des glaces de toutes dimensions et de toutes formes au même prix que les étameurs au mercure, et il a présenté à l'Académie des Sciences, le 11 août, des échantillons de sa fabrication qui nous ont semblé ne rien laisser à désirer. Nous souhaitons vivement que son procédé ait tout le succès qu'il en attend, car son application n'offre effectivement aucun danger, ainsi que tout le monde peut le remarquer. Ce procédé consiste en effet à dissoudre, dans l'eau distillée, du nitrate d'argent, à y ajouter de l'alcool, du carbonate d'ammoniaque, de l'ammoniaque et de l'huile essentielle de Cassia, à verser la liqueur ainsi préparée sur la glace en y ajoutant, au moment de l'opération, de l'huile essentielle de girofle. Au bout de deux heures, l'argent réduit par ces huiles essentielles couvre la glace d'une couche parfaitement homogène de l'argent le plus pur.

Pour préserver la couche d'argent déposée, M. Tourasse la recouvre d'une couche de vernis. Nous craignons, avec beaucoup de membres de l'Académie des Sciences, que l'emploi de ce vernis, dont nous ne connaissons pas d'ailleurs la composition, présente des inconvénients graves, car tout le monde sait que les vernis sont sujets à se fendiller très facilement par l'action de la chaleur et de l'humidité. Au lieu de l'emploi d'un vernis, nous conseillerions celui d'une couche métallique déposée par les procédés galvanoplastiques. Le verre étant métallisé, rendu conducteur du courant électrique par suite du dépôt, aussi mince que ce soit d'ailleurs, de l'argent réduit par les huiles essentielles, il n'y a aucune difficulté à déposer par dessus une couche de tel métal qu'on jugera convenable, et à telle épaisseur qu'il sera nécessaire.

§ 8. *Fabrication des planches unies ou gravées.*

Nous entrons dans les applications des procédés de la galvanoplastie à la gravure; elles n'ont pas encore eu tout le succès qu'on peut désirer. En général, et quoiqu'il y ait des exemples du contraire, les planches obtenues s'altèrent rapidement en raison du peu de cohésion de leurs parties constituantes. Cela tient sans doute à ce que l'on ne s'est pas encore rendu bien compte des conditions nécessaires pour que le cuivre déposé ait toutes les qualités exigées par les graveurs, et que l'on n'a réussi que quand, par hasard, on a réuni ces conditions encore mal définies.

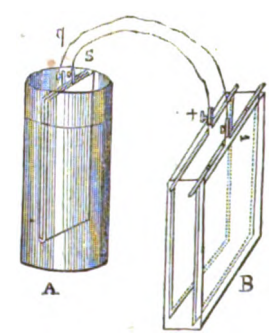
Pour fabriquer une planche de cuivre unie ou gravée, il faut avoir un moule qui ne peut être qu'en cuivre; en acier ou en bois. Nous allons examiner successivement ces trois cas.

Moule de cuivre. La plaque de cuivre unie et parfaitement polie, que l'on veut reproduire, doit être d'abord soudée par sa face postérieure à une lame de métal, étain, plomb ou zinc qui sert à établir la communication avec le zinc, de la batterie voltaïque. La température qu'exige cette opération chasse l'air qui revêt la surface de la plaque, en sorte que si on la plaçait de suite dans la dissolution de cuivre, l'original et la copie pourraient adhérer fortement. Pour éviter cet accident, la plaque soudée doit être placée durant vingt-quatre heures dans un lieu frais, ce qui lui permet de se revêtir de nouveau d'une couche d'air. On peut d'ailleurs, comme M. Spencer, frotter la surface à chaud avec de la cire, et l'essuyer jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'une pellicule infiniment mince, ou bien, comme M. Boquillon, recevoir dessus la fumée blanche d'un corps résineux, après y avoir déposé une couche d'or ou d'argent. Les personnes qui ne sont pas habiles à souder les métaux peuvent se servir tout simplement, pour établir le courant, d'un fil métallique ou d'un fragment de métal qu'on met en contact avec la face postérieure du moule.

La densité de la dissolution de sulfate de cuivre que l'on emploie dépend de la force de l'appareil voltaïque. Si on n'emploie qu'un seul couple, on opère avec une dissolution saturée de sulfate de cuivre, étendue d'un peu plus d'un tiers de son volume d'acide sulfurique, ou bien d'une dissolution de 500 gr. de nitrate de cuivre dans 1 lit. 1/2 d'eau. Avec quatre ou cinq couples, on peut parfaitement se servir d'une dissolution presque saturée de sulfate ou de nitrate de cuivre.

L'appareil voltaïque le plus convenable, dont on se sert pour fabriquer les planches, est celui de M. Smee, que nous avons déjà décrit.

A (fig. 1064), est le couple voltaïque qui se compose



1064.

d'une lame d'argent platinisé, placée au milieu d'une lame de zinc recourbée, et communiquant par un fil S, avec le pôle positif de l'appareil à décomposition, c'est-à-dire avec l'électrode soluble en cuivre qui doit avoir une surface égale à celle du moule. La lame de zinc est unie, par un fil *q*, serré par une vis, au moule placé au pôle négatif de l'appareil de décomposition.

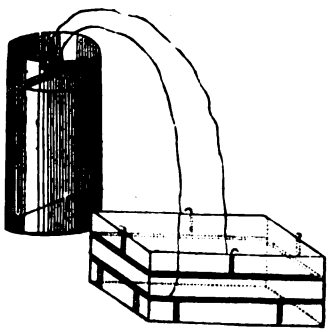
Cet appareil à décomposition est une auge verticale B en bois revêtu d'un enduit isolant, de forme parallélipipédique, et à la partie supérieure de laquelle deux tiges ou lames servent à fixer les fils métalliques conducteurs et les électrodes.

Cet appareil peut aussi être horizontal (fig. 1060); alors il faut avoir soin de placer le moule au fond, sans quoi la couche déposée n'aurait pas une dureté uniforme.

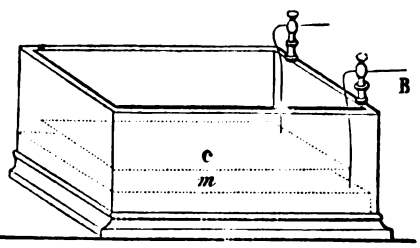
La première auge à décomposition est préférée pour une précipitation lente, mais la seconde paraît plus appropriée pour une précipitation rapide du cuivre.

Digitized by Google

L'appareil voltaïque doit être chargé avec de l'acide sulfurique étendu de 15 à 16 fois son poids d'eau.



1065.



1066.

Voici comment on doit disposer l'opération, d'après M. Smee :

« Quand on a rempli l'auge avec le liquide, on prend un morceau de cuivre de même dimension que celle de la planche, et on le fait communiquer avec l'argent de la batterie. Celle-ci étant amorcée, l'auge à précipiter étant remplie par la dissolution, et le fragment de cuivre à dissoudre étant plongé dans l'auge et uni à l'argent de la batterie, on doit faire communiquer le fil qui est soudé sur la plaque où le dépôt doit s'effectuer, avec le zinc de la batterie, et l'opérateur doit surtout avoir soin de ne plonger qu'en dernier lieu la plaque de cuivre dans l'auge à précipiter, pour compléter le circuit; ces dispositions achevées, on voit un dépôt de cuivre pur se former (fig. 1065 et 1066); ce dépôt n'adhère pas à l'original, à cause de la couche d'air qui les sépare, ou de la très mince couche de cire qu'on a interposée. »

D'après le compte que fait M. Smee des frais de cette fabrication, on voit que le prix des plaques unies est encore beaucoup trop élevé. Ainsi, les frais qui résultent de l'emploi d'une seule batterie et de l'auge à précipiter sont :

La valeur intrinsèque du cuivre.	2 fr.	40 c. le kil.
Le zinc amalgamé.	2 fr.	40 —
Zinc perdu par action locale et acide sulfurique.	0	80
Total.	5 fr.	60 c.

Si on y ajoute la main-d'œuvre, le temps (une plaque ne peut guère être obtenue en moins de 36 heures), le loyer et les bénéfices qui doivent résulter de cette fabrication, on verra que chaque kilogr. de cuivre mis en œuvre doit coûter environ 40 fr.

Si cette somme est trop forte pour des plaques unies, il n'en est pas de même pour des planches gravées dont la reproduction n'offre pas plus de difficulté que celle des planches unies, et donne avec exactitude et perfection tous les détails des planches originales.

Le dessin étant gravé en creux dans la pièce originale, on l'obtiendrait en relief dans l'épreuve galvanoplastique, si on ne prenait la précaution de faire d'abord une copie en relief, soit avec de la cire, soit avec du plâtre, soit avec une plaque de plomb propre et bien décapée. Ce dernier moyen doit être employé, quand il s'agit de planches d'une étendue un peu grande. On place la plaque de plomb dans une presse à imprimer en taille-douce, au-dessous d'elle on met une plaque de fer, et par dessus on place la plaque gravée; on les soumet alors à l'action de la presse. Mais en opérant ainsi, la planche originale se courbe. Pour éviter cet inconvénient, il suffit, dit M. Smee, de mettre par dessus la planche de cuivre que l'on veut copier une autre planche en cuivre, qui seule devient courbée.

On peut aussi, quand il s'agit de dessins délicats, se servir comme moule de l'épreuve galvanoplastique en relief, obtenue directement sur la planche originale. Dans tous les cas, le moule étant obtenu, on procède comme pour les planches unies, en prenant toutes les précautions recommandées dans les principes généraux de galvanoplastie que précèdent ces applications.

Moule en acier. Les planches en acier ne peuvent être copiées dans aucune des dissolutions de cuivre en usage, telles que le sulfate, le nitrate ou le chlorure, attendu qu'elles seraient infailliblement attaquées. On conseille d'opérer avec une dissolution ammoniacale de cuivre, telle que le sulfate ou le nitrate ammoniacal. Mais les tentatives que l'on a faites avec ces bains ne sont pas encore satisfaisantes pour la galvanisation directe.

Moule en bois. Il est probable que l'on n'aura guère recours à la galvanoplastie pour reproduire les planches gravées sur bois, car il est bien plus aisé d'en obtenir d'excellentes copies par la stéréotypie. Toutefois, le procédé consisterait simplement à recouvrir la partie gravée d'une couche de plombagine, et la surface postérieure et les bords avec de la cire ou de la graisse, pour empêcher le bois d'absorber une partie de la dissolution. On obtiendrait ainsi une épreuve en creux, et une seconde opération galvanoplastique donnerait une épreuve en relief. On aurait plus simplement cette dernière, en prenant directement sur le bois une épreuve en cire, plâtre, papier, etc.

§ 9. *Gravure directe des planches de cuivre ou d'acier.*

On sait que dans la gravure à l'eau forte on recouvre d'une couche d'une composition de cire (voir le mot GRAVURE) la face de la planche de cuivre qu'on veut graver. Le graveur dessine sur cette couche avec une pointe fine de manière à mettre le métal à nu. Il met ensuite la plaque dans un vaisseau plat et verse dessus de l'acide nitrique étendu (3 parties d'eau pour 1 p. d'acide), afin que cet acide attaque le métal jusqu'à une profondeur suffisante pour loger l'encre typographique, dans les endroits où les traits du dessin ont été pratiqués.

M. Smee a imaginé de remplacer l'action de l'acide nitrique, par l'action dissolvante du courant galvanique sur l'électrode soluble placé au pôle positif dans une auge à décomposition.

La planche dessinée, recouverte de vernis sur la face postérieure et sur les côtés, est donc placée dans la dissolution de sulfate de cuivre, en communication avec le pôle positif d'un appareil composé de un, deux ou trois couples à courant constant; on complète le circuit en mettant en communication avec le pôle négatif une plaque de même dimension que la plaque à graver. La décomposition ne tarde pas à s'effectuer; l'oxygène et l'acide sulfurique se transportent sur la planche et dissolvent le cuivre dans les points où les traits ont été

Digitized by Google

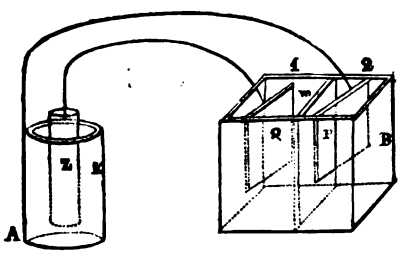
dessinés. S'il y a des parties où les traits soient moins nombreux que dans d'autres, on doit les abriter du contact de l'acide pendant un certain temps, afin d'obtenir de l'uniformité dans les creux; on peut obtenir le même résultat en recourbant la plaque négative, de manière à l'éloigner des parties de la plaque à graver que l'on veut épargner. En employant comme pôle négatif une verge ou un fil en cuivre, qu'on présente en face des différentes parties de la plaque, on peut foncer les ombres et dégrader les teintes à volonté.

Avec ce mode de gravure, on obtient donc de grands avantages qui peuvent se résumer ainsi : 1° on évite les exhalaisons nitreuses qui se dégagent dans le procédé ordinaire; 2° l'action est plus uniforme qu'avec l'acide : 3° les creux viennent plus rapidement et avec une plus grande perfection, et on peut leur donner n'importe quelle profondeur; 4° les traits sont d'une grande netteté; 5° il ne se dégage aucune bulle de gaz, tandis que dans le procédé ordinaire des bulles nombreuses adhèrent au métal et amènent une inégalité d'action. Les graveurs apprécieront parfaitement tous ces avantages.

M. Spencer conseille de procéder de la manière suivante, qui, pour le résultat et la manière d'opérer, ne diffère pas d'ailleurs essentiellement de la méthode précédente, mais qui a l'avantage de permettre de graver sur une planche d'acier, parce que la planche ne trempe pas dans le sulfate de cuivre. Nous copions une lettre de ce savant physicien au docteur Mohr de Coblentz :

« Lorsqu'une planche en métal doit être gravée à l'eau-forte par voie galvanique, on commence par la couvrir en entier avec une couche légère de vernis, puis on décalque et on trace le dessin à la pointe, de manière à bien découvrir sur tous les traits la surface naturelle du métal. Dans ce cas, le mode d'opérer est absolument le même que celui qu'on met en usage ordinairement pour la gravure à l'eau-forte. Mais arrivé à ce point, on fixe un fil à la planche qu'on fait communiquer avec l'extrémité positive d'une batterie, ou avec un seul couple voltaïque, puis on complète et on ferme le circuit de la manière suivante :

« Soit A (fig. 1067) le couple électromoteur composé



1067.

d'une tige de zinc Z et d'un cylindre ou vase de cuivre K, rempli en partie avec de l'acide sulfurique étendu. Soit en outre la caisse B, divisée en deux cellules par une cloison poreuse *m*, consistant en une vessie, du fort papier ou de l'argile cuite. Dans la cellule 2 on suspend la planche préparée P et sur laquelle on veut mordre, dans une solution faible de sel commun, et on la met en communication par un fil avec l'élément cuivre du couple électromoteur. Dans la cellule 1 on suspend une plaque Q de cuivre nu dans une dissolution de sulfate de cuivre, et on la met en communication avec l'élément zinc dudit couple.

« Aussitôt que le circuit est fermé, il se dégage de l'oxygène sur la plaque P, tandis que celle Q donne de l'hydrogène; et cela, en quantités proportionnelles à l'hydrogène qui apparaît en K, et à l'oxygène qui se combine avec le zinc Z. L'oxygène qui se combine avec P rend le métal soluble dans l'acide, et il en résulte un creusement à la surface de la planche; l'hydrogène de Q réduit une quantité correspondante d'oxyde de cuivre dans la cellule 1, et réduit autant de métal sur Q qu'il en a dissous sur P, en supposant toutefois que P soit une planche en cuivre; car s'il en était autrement, la quantité de cuivre déposée sur Q, serait un équivalent de celle du métal enlevé par l'acide à la planche P.

« On fait marcher l'opération jusqu'à ce que les traits du dessin soient suffisamment profonds; et en établissant avec exactitude la distance et l'angle suivant lesquels les plaques en regard se présentent, on peut régler à volonté la profondeur de ces traits, et même la modifier localement, comme lorsque, dans un paysage, par exemple, le premier plan a besoin d'être plus coloré que les plans postérieurs. De même, lorsque les coups de force, quand il s'agit d'une rosette, d'une étoile, d'une étiquette, ont besoin de ressortir sur un fond moins coloré, on peut, par un rapprochement local et par la position des plaques en regard, amener ce résultat de la manière la plus certaine. En un mot, il n'y a pas de rapport possible qu'on ne puisse déterminer par l'observation attentive de ce principe, et par des manipulations fort simples. »

§ 10. *Galvanographie.*

La galvanographie a été imaginée par le professeur Kobell de Munich. Elle consiste à reproduire avec du cuivre précipité, par voie galvanique, des dessins, des images au pinceau dans le genre du lavis ou de l'aqua-tinte, exécutés sur une plaque d'argent ou de cuivre, de manière à constituer des planches de cuivre qui servent à multiplier les images, comme si elles eussent été gravées, et dont on peut tirer des épreuves nombreuses.

« Il était aisé de prévoir, dit M. Kobell, que si on parvenait à rendre conductrice une surface vernie, on formerait ainsi une couche cuivreuse d'une grande fidélité; mais les méthodes usitées pour peindre et vernir des surfaces unies, et dans lesquelles on fait usage de substances grasses ou résineuses, s'opposaient à ce qu'on pût obtenir des couleurs ou des vernis conducteurs, et on conçoit qu'il n'est guère possible d'étendre au pinceau, sur ces surfaces, une couche de graphite ou d'autre substance analogue, sans détruire les demi-teintes et les nuances les plus délicates des images.

« J'ai donc cherché, sans ce moyen, à recouvrir de cuivre une image peinte sur argent; j'ai pensé que c'était uniquement une question de temps que de recouvrir de cuivre les parties non conductrices, interrompues et entourées par celles qui le sont.

« L'expérience a répondu à mon attente. »

Voici comment M. Kobell conseille d'opérer dans son ouvrage sur la galvanographie. L'image est tracée au pinceau avec une couleur encaustique dont l'excipient consiste en une solution de cire et d'un peu de résine de Damara dans l'essence de térébenthine, sur une plaque de cuivre doublée d'argent et polie, de telle façon que les places blanches du métal produisent les plus forts effets de lumière, et que les couches les plus chargées et les plus épaisses en constituent les ombres.

M. le prince de Leuchtenberg, qui s'occupe aussi avec succès de galvanographie, a substitué à la résine de Damara de la gomme laque ordinaire, et la couleur qu'il emploie est l'oxyde rouge de fer, ou colcothar obtenu par la calcination du sous-sulfate de ce métal.

La couleur qu'on travaille avec une dissolution de cire brute ne doit recevoir que la quantité d'excipient nécessaire, pour qu'après sa dessiccation elle paraisse mate, mais adhère fortement à l'argent. Lorsque l'image doit avoir des ombres très intenses, les points où

Digitized by Google

celles-ci se trouvent sont chargés avec de la couleur à l'huile, puis saupoudrés de graphite pulvérisé très fin qui, après l'époussetage de la plaque, doivent y adhérer fortement et y former une espèce de velouté.

« La plaque avec l'image ainsi préparée est posée alors sur une autre plaque en cuivre et isolée sur les bords avec de la cire; on a conservé à cette dernière plaque une bande qui sert à la mettre en communication avec la plaque en zinc qui constitue le second élément nécessaire de la pile galvanique. Cette plaque de zinc est placée dans une espèce de tambourin sur lequel est tendu un parchemin et qui repose sur des pieds de 25 à 30 millimètres de hauteur; ce tambourin est posé sur l'image et sur la plaque en cuivre qui lui sert de soutien. La communication s'établit au moyen d'une lame de plomb ou bien d'une bande de ce métal de 8 centim. de longueur et de 3 centim. de largeur.

« On met en contact cette dernière avec la plaque de zinc, et on unit au moyen d'un petit étau à vis la bande qu'elle porte avec celle de la plaque de cuivre sur laquelle repose la plaque portant le dessin. Ce système de plaques est mis dans un vase de bois goudronné, ou mieux de verre ou de porcelaine, rempli d'une solution de 1 partie en volume de sulfate de cuivre dans l'eau et de 1 partie également en volume de sulfate de cuivre étendu avec une solution de sulfate de soude, jusqu'à une hauteur telle que le parchemin du tambour soit baigné ou un peu au-dessous du niveau de la solution vitriolique. Dans ce tambour, et sur la plaque de zinc, on verse, à quelques millimètres d'épaisseur, de l'eau à laquelle on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique. Il est nécessaire que la plaque de zinc, qui doit, autant que possible, être du zinc laminé, soit maintenue de plusieurs millimètres éloignée du parchemin, ce qui s'exécute au moyen de petits supports de fil de cuivre qu'on fixe dans les parois du tambour, ou avec des tronçons de tubes de verre qu'on place sous cette plaque en zinc. Le cuivre se précipite d'abord, à mesure que le sulfate se décompose, sur les parties claires et blanches de la plaque peinte; mais on voit bientôt aussi se former avec le temps, sur la couleur elle-même, de petites protubérances de cuivre qui augmentent peu à peu, et finissent par recouvrir d'une plaque continue l'image tout entière. »

Il faut de 3 à 8 jours pour recouvrir une plaque. Pendant ce temps, on doit nettoyer le zinc toutes les 12 ou 24 heures, ainsi que le tambour qu'on remplit d'eau fraîche aiguisée d'acide sulfurique. Les planches obtenues ne peuvent guère donner que de 300 à 600 épreuves, mais on peut en prendre plusieurs copies galvanoplastiques, en ayant soin d'argenter un peu la surface pour qu'il n'y ait pas adhérence du dépôt.

Le procédé de M. Kobell nous conduit à mentionner une méthode décrite dans le *Mechanic's Magazine*, pour la reproduction d'une gravure tirée sur papier.

Lorsqu'on a une bonne épreuve, on l'applique fraîche sur une plaque de cuivre planée et préalablement trempée dans l'acide nitrique étendu. La plaque et l'épreuve sont soumises à l'action de la presse, qui détermine le transport de l'encre de l'épreuve sur la planche de cuivre. On dore légèrement cette planche au moyen de l'appareil galvanique; et il est facile de concevoir que l'or ne s'attachera pas sur les parties revêtues d'encre grasse, mais seulement sur le cuivre. Une demi-minute suffit pour dorer la plaque; on la lave avec l'essence de térébenthine, qui dissout l'encre grasse et met à nu le cuivre dans tous les points que recouvrait cette encre. Il suffit ensuite de placer la planche ainsi préparée, en guise d'électrode soluble, dans une auge à décomposition pour graver en creux toutes les parties non dorées.

§ 11. *Reproduction des épreuves daguerriennes.*

M. Grove est le premier qui se soit occupé de ce genre de reproduction. Il s'agit de trouver un moyen d'obtenir une gravure dans laquelle le crayon ou le burin de l'artiste ne sera point intervenu, où l'on pourra écrire, dessiné *par la lumière*, et gravé par l'*électricité*.

On sait que les images daguerriennes sont composées de saillies dues au dépôt de mercure, formant les clairs, et de parties planes formant les ombres, et qui ne sont autres que l'argent du plaqué. Les dégradations de teinte proviennent du mélange des saillies et des parties planes. Si sur ces images, considérées comme moule, on dépose du cuivre, il arrivera que les reliefs deviendront des creux, et réciproquement, de sorte qu'en tirant des épreuves de ces planches, les clairs deviendront des ombres, et *vice versâ*. Mais les saillies daguerriennes sont si faibles, que les planches de cuivre n'offriront pas assez de résistance pour qu'on puisse tirer plusieurs épreuves. Aussi le problème à résoudre consiste-t-il à se servir des planches daguerriennes comme électrodes positifs solubles dans des liquides attaquant le mercure, et laissant l'argent, afin que les clairs des épreuves soient les mêmes que dans la matière. Par ce procédé, on pourra graver assez profondément la planche pour qu'elle puisse servir à un tirage suffisamment nombreux. La liqueur satisfaisant à la condition imposée de laisser l'argent et d'attaquer le mercure, est l'acide hydro-chlorique; et voici comment M. Grove, conjointement avec M. Gassiot, dispose l'appareil :

Dans un bâti en bois on pratique deux cavités placées à 5 millimètres de distance l'une de l'autre, et dans lesquelles on glisse : 1° la plaque qu'il s'agit de graver; 2° une plaque de platine de même dimension. Le dos et les bords de la plaque daguerrienne sont vernis avec une solution de gomme-laque; on laisse seulement libre une portion du bord pour établir le contact métallique avec le conducteur voltaïque. Le bâti en bois, chargé de ses deux plaques, est ensuite placé dans un vase de verre ou de porcelaine rempli d'une solution de 2 volumes d'acide hydro-chlorique et de 1 volume d'eau distillée. Deux fils assez forts en platine arrivant d'un simple couple de la pile de Grove, sont mis en contact avec les deux électrodes durant 30 secondes.

« On retire alors la plaque daguerrienne, on la lave dans de l'eau distillée, et si l'argent était bien homogène et ne présentait point de stries, le dessin original aura pris une belle couleur de terre de Sienne, produite par la couche d'oxy-chlorure formée pendant l'opération. On place l'épreuve dans un plat contenant une solution très faible d'ammoniaque, et on frotte légèrement sa surface avec du coton bien doux, jusqu'à ce que tout le dépôt ait disparu; on replonge aussitôt dans de l'eau distillée et on fait sécher avec soin. L'opération est alors terminée, et l'on obtient une gravure parfaite du dessin original, dessin qui donnera une épreuve *positive*, c'est-à-dire dont les lumières et les ombres seront disposées comme dans la nature. Sous ce rapport, cette épreuve sera plus correcte que l'original, car elle ne sera pas renversée. Les caractères d'imprimerie sont dans leur position normale, ainsi que les côtes droit et gauche de la face, lorsqu'on opère sur un portrait.

« Toutefois, la gravure des épreuves daguerriennes offre une difficulté insurmontable. Si les plaques sont gravées assez profondément pour donner une bonne épreuve, quelques-unes des lignes les plus délicates de l'original se confondront nécessairement, et la beauté principale de ces délicieux dessins sera détruite. Mais si, au contraire, on n'a continué l'opération que pendant le temps nécessaire pour produire la gravure exacte de l'épreuve, ainsi qu'on peut le faire parfaitement, le nettoyage que l'imprimeur lui fait subir, suffit pour détruire sa beauté et l'on n'obtient qu'une épreuve très imparfaite, parce que les molécules de l'encre d'imprimerie sont trop grosses pour la profondeur du trait gravé. (*Proceedings electrical society*, 1er vol., p. 98.) »

Digitized by Google

Ce procédé de MM. Grove et Gassiot ne doit pas être confondu avec celui imaginé par M. Fizeau, où on n'emploie que très accessoirement l'électricité, et qui sera décrit au mot PHOTOGRAPHIE.

Nous avons ainsi parcouru les nombreuses et si variées applications de la galvanoplastie aux arts et à l'industrie, et cependant nous n'avons pas encore tout dit; chaque jour voit éclore de nouveaux procédés qui, peut-être, auront de l'importance, mais qui, peut-être aussi, ne seront jamais que des jeux d'enfants. La galvanoplastie est un art trop nouveau pour que l'on sache encore jusqu'où s'étendra la révolution qu'elle prétend introduire dans les procédés industriels. Nous ne parlons donc pas des applications qui ne nous sont pas encore bien connues, d'étoffes galvanisées au point d'en faire des toitures légères et imperméables, de vêtements métalliques, etc., etc. Il est sage d'attendre.

BARRAL.

GANGUE (*angl.* veinstone, *all.* gangart). Les minéraux métalliques qui sont traités en grand dans l'industrie métallurgique sont dits des *minerais*. Les minerais ne se rencontrent pas généralement isolés dans la nature; ils sont ordinairement associés à d'autres minerais d'une valeur secondaire ou à des matières pierreuses; ces minerais accessoires portent le nom de *gangues*. Les gangues métalliques les plus communes sont les pyrites de fer, le fer spathique, les divers oxydes de fer et la blende; les gangues pierreuses sont le quarz, le feldspath, le carbonate de chaux pur ou combiné avec d'autres carbonates, l'arragonite, le sulfate de chaux et le spath-fluor, le sulfate et le carbonate de baryte. Comme nous parlons de ces divers minéraux, soit à leur nom, soit aux articles GÉOLOGIE et MINÉRALOGIE, nous n'y reviendrons pas ici, et nous nous contenterons de dire quelques mots sur les *feldspaths* qui abondent dans certaines roches, telles que les *granites*, etc., et se trouvent quelquefois dans les filons d'étain.

Il y a un assez grand nombre d'espèces de *feldspaths*, mais nous ne parlerons ici que des deux espèces les plus abondantes, le feldspath proprement dit ou *orthose*, et l'*albite*. Le *feldspath orthose* est l'espèce la plus commune, il a une cassure lamelleuse et raie le verre; sa densité est de 2,37 à 2,39; il est inattaquable par les acides, et fond au chalumeau en un émail blanc. Les cristaux sont très souvent hémitropes, mais ne présentent jamais d'angles rentrants. Sa composition est représentée par la formule minéralogique $KSi^3 + 3AlSi^3$. L'*albite* a un certain éclat que ne possède pas le feldspath; elle s'en distingue principalement en ce que les cristaux, presque toujours hémitropes, présentent alors un angle rentrant; elle est inattaquable par les acides, et fusible au chalumeau en émail blanc; sa composition est représentée par la formule minéralogique $NaSi^3 + 3AlSi^3$, qui ne diffère de celle de l'orthose que par le remplacement de la potasse par son équivalent de soude.

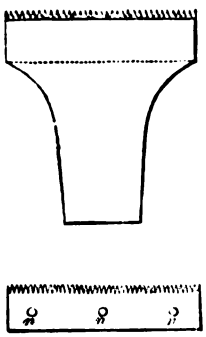
Avant de soumettre les minerais au traitement métallurgique, il est nécessaire de les débarrasser autant que possible de leurs gangues, ce qui se fait en les soumettant à une *préparation mécanique* que nous décrirons à l'article MÉTALLURGIE.

GANCE. Petit cordonnet d'or, d'argent, de soie, de coton ou de fil plus ou moins gros, rond, carré ou même plat. Il se fabrique à la *machine à faire les lacets* (voyez CORDONNET), lorsqu'il est rond ou plat, et surtout lorsqu'il n'est pas large. On le fait quelquefois au boisseau, d'autres fois à la navette sur le métier, et lorsqu'il est façonné, on le travaille comme les rubans et galons (voyez RUBANS).

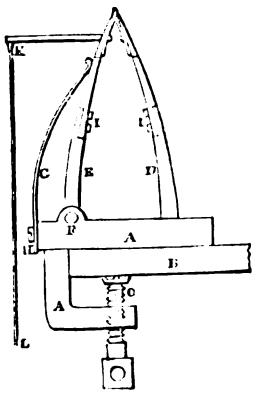
GANTS (*angl.* gloves, *all.* handschuhe). La fabrication des gants en peau est très simple: on prend ordinairement de la peau de chevreau convenablement préparée, on la découpe à la main ou le plus souvent à l'aide d'emporte-pièces, dont on a un assortiment de diverses grandeurs, qui portent des numéros différents, et on fait ensuite les coutures, soit à la main, soit à la mécanique.

Un Anglais a introduit à Paris un appareil très simple, représenté en profil fig. 1068, pour faciliter la cou-

1069.



1068.



1070.

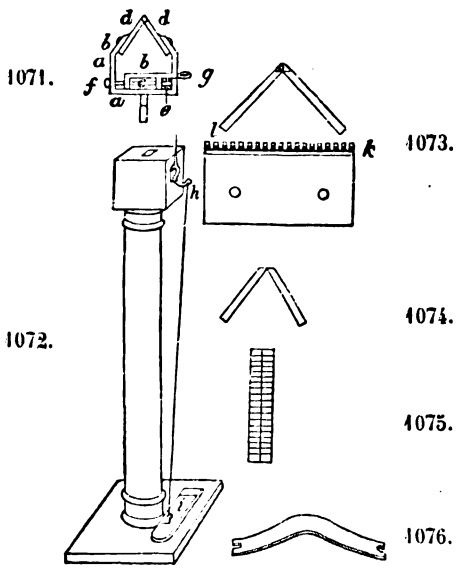
ture des gants : cet appareil ressemble à une pince en fer, dont la partie supérieure des deux mâchoires se compose d'une sorte de peigne en laiton (fig. 1070), fixé sur chacune des machines au moyen des vis *n*, *n*, *n*, comme on le voit fig. 1069 et 1070. Les dents de ce peigne n'ont que 2 1/2 à 3 millimètres de long, et sont parfaitement régulières. La pince A A est fixée sur le bord de l'établi B au moyen de la vis C; l'une des mâchoires D est fixée, l'autre E, est mobile à charnière autour du point F. La partie supérieure en laiton des deux machines est fixée en I, I, au moyen de fortes vis, à la partie inférieure en fer. La machine mobile E est naturellement pressée contre la machine fixe D, par un ressort C, fixé en H sur le bâti A. Un levier K, que l'on fait mouvoir à l'aide d'une tringle L et d'une pédale, sert à desserrer les mâchoires afin d'introduire entre elles la pièce à coudre. Celle-ci étant placée dans une position convenable, l'ouvrière retire son pied de dessus la pédale, et passe successivement son fil à travers toutes les dents des peignes, en faisant glisser son aiguille sur le fond de chaque entaille. Dès que la partie engagée entre les peignes est cousue, l'ouvrière la dégage en mettant le pied sur la pédale, engage la partie suivante et continue son travail. La couture ainsi exécutée est très régulière et va extrêmement vite. Il va sans dire que le profil des peignes et l'écartement de leurs dents doit varier suivant la forme des parties à réunir par une couture, et selon que le point doit être plus ou moins serré.

La machine de M. J. Winter est analogue à la précédente, mais un peu plus compliquée, et est représentée fig. 1071. La mâchoire fixe *a a*, porte un tenon qui sert à la fixer sur le pied, fig. 1072, portant deux guides fixes *c*, sur lesquels glisse, à mouvement d'étau parallèle, la mâchoire mobile *b b*. Les deux mâchoires sont placées l'une contre l'autre par un ressort placé en *e*, et représenté fig. 1076. La mâchoire *b*, porte en *g*, un anneau serré par l'une des extrémités d'un levier *h*, qu'on manœuvre à l'aide d'une tringle en fer et d'une pédale *i*, et qui permet d'ouvrir les mâchoires pour y introduire la partie du gant à coudre. Les parties supérieures, *d*, *d*, des deux mâchoires ont des formes variables, dont les fig. 1073 à 1075 donneront une idée.

Au lieu de ces appareils, on emploie dans quelques localités des emporte-pièces, qui en découpant les gants

Digitized by Google

font du même coup les trous par où doit passer la soie qui sert à faire les coutures, au moyen de sortes de peignes placés en arrière des tranchants de l'outil, ce qui facilite et abrége beaucoup le travail ultérieur.



Anciennement le pouce était une pièce rapportée; M. Jouvin est parvenu dans ces derniers temps à le confectionner comme les autres doigts, faisant corps avec le reste du gant. C'est cette absence de couture de rapport du pouce qui caractérise les gants Jouvin.

Les gants une fois cousus, on les étire, on les enveloppe dans un linge légèrement humecté d'eau, et on les bat pour leur donner de la souplesse et du moelleux, puis on les met en presse.

GARANCE (*angl.* Madder, *all.* Færberrothe). La garance (*rubia tinctorum*) est la racine préparée d'une plante qui a donné son nom à la famille des rubiacés.

Cette plante, qui était connue des Grecs et des Romains, passe pour être originaire de l'Asie et du Midi; mais comme elle supporte les climats du Nord, sa culture s'est propagée dans presque toute l'Europe. Aujourd'hui, on cultive la garance dans l'île de Chypre, dans le Levant, en France, en Angleterre, en Hollande, en Suisse et en Allemagne.

Cette plante se multiplie par graine; cependant il est avantageux de la replanter avec les jets enracinés qui poussent au printemps.

La culture de la garance se fait généralement dans les terrains meubles et légèrement humides; cependant cette racine peut prospérer également dans tous les terrains, quand ils ont été parfaitement fumés.

D'après M. de Gasparin, il faut par hectare 57,600 kilogr. d'engrais normal pour cette culture, et dans les terrains secs on retire 1700 kilogr. de garance, ce qui fait un rendement de 2k,93 de garance pour 100 kilogr. de fumier.

Le terrain destiné à la plantation de la garance est préalablement défoncé à la bêche ou à l'aide d'un labour profond, les rejetons sont plongés dans l'eau avant d'être mis en terre.

En Alsace on plante ces rejetons en lignes espacées de 0m,35, et les plants sont eux-mêmes séparés par un intervalle de 0m,15 à 0m,18.

Ce n'est qu'au bout de trois ans qu'on tire la plante de terre, mais dans les pays, comme l'Alsace, où les gelées sont à craindre, il est prudent d'enlever les récoltes au bout de deux années, car un hiver rigoureux pourrait détruire la récolte. Dans le Levant, où on n'a pas à redouter les gelées, la récolte ne se fait qu'au bout de 5 à 6 ans, les produits s'accroissant avec le temps et cela d'une manière sensible. Dans le Midi, par exemple, une récolte de quatrième année pèse 4 à 500 kilogr. de plus qu'une de troisième année; peut-être cet excès de produit ne compense-t-il pas la prolongation de la culture.

La récolte de la garance est pénible et longue, car il faut à l'aide de la houe, et une à une, dégager les racines de la terre qui les environne.

La racine de garance est composée de trois parties distinctes : d'un cœur ligneux jaune, qui en occupe le centre dans toute la longueur; d'une partie corticale rouge; et enfin d'une pellicule légère et rougeâtre appelée épiderme.

C'est surtout dans la partie corticale que réside le principe colorant le plus utile, aussi cherche-t-on à l'isoler le plus possible; pour cela, les racines séchées à l'air, sur des filets ou dans des fours, sont remuées souvent, puis battues pour en séparer l'épiderme, la terre et les autres matières étrangères. Les débris qui résultent de ce traitement sont criblés, et ce qui reste sur le crible est un mélange d'écorces et de racines menues auquel on a donné le nom de *billon* ou de *mulle*. Ainsi épluchées, les racines sont broyées sous une meule de pierre, ou bien encore à l'aide de pilons armés de couteaux; un blutage en sépare ce qui reste de terre et d'épiderme : on a alors la garance nommée *non-robée;* après une seconde mouture, on en sépare comme précédemment la garance *mi-robée;* enfin la troisième mouture donne la garance *robée;* cette dernière passe pour la meilleure; cependant la garance mi-robée provenant de grosses racines est préférable. Quelquefois on ne fait qu'une seule qualité, mais alors on enlève la partie la plus pauvre par une première mouture; une seconde mouture donnera la garance appelée *garance grappe.* Dans le commerce, on a depuis longtemps réservé le nom spécial d'*alizari* aux racines entières, et le nom de *garance* aux racines pulvérisées. En teinture on recherche peu les alizaris, et en France celui d'Avignon est le seul employé.

Quant aux poudres ou garances, on les distingue, d'après leur provenance, en *garance de Hollande, garance d'Alsace* et *garance d'Avignon.* Avant l'apparition du mémoire de M. Girardin sur la garance, aucun des nombreux ouvrages qui ont parlé de cette matière n'a fait l'histoire de ces poudres; aussi est-ce à ce savant chimiste que nous emprunterons la description de ces trois sortes de garance du commerce, nous regrettons seulement de ne pouvoir donner qu'un résumé de son travail remarquable.

1° *Garance de Hollande.* La garance de Hollande dont l'emploi était jadis considérable en France, a disparu de nos marchés, par suite du droit élevé dont le gouvernement l'a frappée, pour encourager les cultures de l'Alsace et d'Avignon. Cette garance serait encore employée sans cela, car elle jouissait d'une vogue méritée.

L'odeur de la garance hollandaise est forte et nauséabonde, sa saveur est sucrée et amere, sa couleur varie du rouge-brun au rouge-orangé; elle est triturée grossièrement et sa poudre est grasse au toucher. A l'air cette garance absorbe facilement l'humidité (cette propriété de la garance exige que sa mouture se fasse dans des étuves chauffées à 40 degrés centigr.), propriété qu'elle doit au sucre qu'elle renferme; cette matière colorante offre avec le temps des modifications de couleur très prononcées, surtout si le contact de l'air humide est facile; elle exige avant son emploi au moins une année de tonneau, et c'est à trois ans qu'elle possède son maximum de vigueur tinctoriale; passé cet

Digitized by Google

âge sa fermentation continue, elle brunit et perd de plus en plus de sa valeur.

Les marques connues sur nos marchés sont :

Mulle O, Surfine, Non robée ou robée,	ou bien	Mulle, Fine grappe, Surfine grappe.

Le mot *grappe* indique que la poudre est consistante et agglomérée.

Cette sorte de garance venait jadis de Hollande dans des fûts de chêne pesant pleins environ 600 kilogr.

2° *Garance d'Alsace.* Cette garance qui a remplacé chez nous la précédente est loin de la valoir.

Son odeur est plus pénétrante que celle de la garance hollandaise, et sa saveur amère est moins sucrée; sa trituration est assez grosse; sa couleur varie du brun au jaune vif; elle absorbe très facilement l'humidité et en fermentant elle devient rouge foncé, tandis que la garance précédente passe au rouge vif dans les mêmes circonstances.

La garance d'Alsace se durcit également dans les barriques; à mesure qu'elle vieillit, sa couleur se fonce. Quoique subissant le *robage*, cette garance n'est jamais désignée sous les noms de *robée* ou *non robée*. Les marques connues sont les suivantes :

O, mulle
MF, mi-fine.
FF, fine-fine.
SF, surfine.
SFF, surfine-fine.

On emploie généralement la marque FF.

Les garances alsaciennes viennent en fûts de chêne de 600 kilogr, en demi-barriques de 300 kilogr., en quarts de barriques de 150 kilogr., et quelquefois en barils de 100 kilogr. C'est à Strasbourg, Haguenau et Géïselbrum que ces garances se préparent principalement.

3° *Garances d'Avignon.* Les garances du midi de la France sont généralement employées de préférence aux autres, car elles permettent au teinturier de varier plus facilement les couleurs. Les garances précédentes ont presque toujours la qualité indiquée par la marque, celles d'Avignon au contraire présentent de grandes différences pour une même marque, cela tient à ce que chaque fabricant a sa marque.

Les poudres du comtat Venaissin ont une odeur agréable, une saveur amère et sucrée, et leur aspect varie du rose au rouge-clair ou brun; leur trituration est très fine, on ne voit plus la texture de la racine, ce qui facilite les fraudes. La garance d'Avignon attire moins facilement l'humidité de l'atmosphère, mais elle fermente tout autant que les autres en devenant rouge tendre ou rouge foncé, suivant que la poudre est ou *rosée* ou *palus*.

La meilleure garance est faite avec les racines des *palus*, nom qu'on donne dans le Midi aux terres engraissées de détritus organiques provenant d'anciens marécages : ces terres fournissent des racines *rouges*, tandis que les autres terres les donnent *rosées*.

La garance moitié *rosée*, moitié *palus*, donne une matière colorante avantageuse à la vente, et le rouge qu'elle produit est brillant et corsé.

Les garances d'Avignon sont dites *épurées*. Une garance est épurée de 3 à 15 p. 100. Or, *l'épuration* d'une garance consiste dans l'extration de l'épiderme, il faudrait donc admettre qu'une racine contient plus ou moins d'épiderme, et cela dans un rapport tel que le poids de cet épiderme est à celui de la racine :: 1 : 7 : 10 : 15.

La garance d'Avignon peut s'employer en sortant des moulins, cependant un an de tonneau lui est favorable; cette garance fermente peu et ne s'agglutine pas, cependant elle se décompose à la longue comme les autres. Son peu de fermentation est dû à ce qu'elle renferme peu de matières azotées, matières abondantes dans les garances d'Alsace et de Hollande, où elles déterminent une fermentation acide en jouant le rôle de ferment.

La dessiccation qu'on fait subir aux garances d'Avignon est cause des différences de nuances qu'on y remarque. Si on sèche à une température trop élevée, la poudre se ternit, sans rien perdre de ses qualités.

Les garances sont : ou palus,
— . — ou rosées,
— — ou mi-palus, mi-rosées; on ajoute un P pour désigner une garance palus.

Les marques actuelles sont les suivantes :

Mulle, En sorte,	sans marques distinctives.
FF, SF, SFF, SFFF, EXTF, EXTST, EXTSFF,	à chacune de ces marques on ajoute la lettre : P pour palus, R pour rosée, PP pour palus pur, RPP pour rouge palus pur, moitié palus, moitié rosée, sans distinction.

On rencontre quelquefois les marques ridicules de :

EXTSFFRPP,

qui signifient : *Extra surfine-fine, rouge palus pur.*

La garance *extra-fine* est obtenue par le broyage du cœur ou de la partie ligneuse des racines; la couleur qu'elle fournit est moins riche en principe colorant, mais sa teinte est beaucoup plus vive.

Les garances d'Avignon viennent en fûts de bois blanc du poids de 900 kilogr.; ces barriques sont doublées intérieurement de cartons épais qui empêchent l'entrée de l'air.

La production de la garance en France est des plus prospères, on peut dire qu'elle ira toujours en croissant. En 1837 la récolte des alizaris s'est élevée, dans le comtat Venaissin seulement, à 1,200,000 kilogr., représentant 48,000 à 50,000 barriques; en 1838 la récolte a été un peu moins abondante.

D'après les états des douanes ;

En 1840 on a exporté de France 2,161,158 kilogr. d'alizaris représentant une valeur de 1,620,869 fr., et 12,114,054 kilogr. de garance dont la valeur est représentée par 12,114,054 fr.

En 1841 l'exportation de ces deux matières a été un peu moindre.

L'importation des alizaris et des garances de l'étranger est presque nulle depuis que leur entrée est frappée d'un droit élevé.

En 1841, il est entré en France 156,053 kilogr. d'alizaris valant 117,040 fr., et 80,399 kilogr. de garance d'une valeur de 80,399 fr.

La garance, comme tous les produits chimiques d'une grande importance, a fixé l'attention de la plupart des hommes remarquables voués à l'étude de la chimie, et malgré les savantes investigations qu'elle a subies, sa composition n'est pas encore bien connue; c'est ce qui atteste la difficulté des recherches faites sur un pareil corps.

La garance renferme plusieurs matières colorantes de nuances diverses, mais le principe rouge le plus important est *l'alizarine* découverte par Robiquet. Cette matière s'obtient en traitant la poudre de garance par l'acide sulfurique. Après un contact de plusieurs jours, les matières organiques mêlées à l'alizarine sont carbonisées, et alors on enlève l'acide par de nombreux lavages à l'eau; le résidu séché est traité successivement par l'alcool froid qui enlève les matières grasses, puis par l'alcool bouillant qui dissout le principe colo-

Digitized by Google

rant. L'alcool qui tient en dissolution l'alizarine est étendu d'eau, puis distillé : à mesure que la distillation s'opère, la matière colorante se dépose et on la sépare du liquide restant par une filtration.

L'alizarine ainsi obtenue est à peine soluble dans l'eau bouillante ; l'alcool et surtout l'éther la dissolvent facilement, elle colore ce dernier en jaune orangé. Dissoute dans les liqueurs alcalines, elle leur donne une coloration violette d'une grande beauté.

L'alizarine par l'action de la chaleur se sublime en beaux cristaux aiguillés, rouges et brillants ; elle est volatile et insoluble dans l'acide sulfurique, propriétés qui n'appartiennent qu'aux couleurs éminemment solides.

MM. Robiquet, Colin et Kuhlmann ont trouvé dans la garance :

Une matière colorante rouge, qui est l'alizarine.
— — rose, nommée purpurine.
— — jaune, — xanthine.
De la gomme,
Du sucre,
De la pectine,
Une résine odorante,
Une matière amère,
Une matière azotée,
Un acide organique,
Du ligneux,
Enfin des sels nombreux de potasse et de chaux.

D'après Robiquet, les couleurs formées par la matière rouge de la garance sont très solides ; celles au contraire qui ont pour base la matière rose, le sont fort peu.

M. Runge a trouvé dans la garance sept principes différents, qui sont :

Le pourpre de garance,
Le rouge de garance,
L'orange de garance,
Le brun de garance,
L'acide garancique,
Et l'acide rubiacique.

Ce chimiste allemand n'a pu économiquement obtenir purs les trois premiers produits qui seuls sont importants.

D'un autre côté, il semblerait résulter des expériences de M. Decaisne que la garance à l'état vivant ne contient qu'un principe colorant, liquide et jaune ; à l'air, ce liquide, de jaune qu'il était, passe au rouge, et cette transformation est d'autant plus rapide que la division de la plante est plus complète. Les expériences chimiques de M. Schwartz semblent confirmer l'opinion émise par M. Decaisne sur l'unité du principe colorant de la garance.

Depuis quelques années, on a livré au commerce de nouveaux produits obtenus à l'aide de la garance, ils sont connus sous les noms de *garancine* et de *colorine*.

La garancine est tout simplement le charbon sulfurique de MM. Robiquet et Colin, auquel on a enlevé les dernières traces d'acide par des lavages nombreux.

MM. Robiquet et Colin prirent en 1828 un brevet pour l'extraction de ce produit. Le but de ces chimistes était d'extraire toute la matière colorante de la garance, matière dont on n'utilise pas la moitié par les procédés ordinaires. Effectivement, dans le bain du teinturier, la garance se divise en deux portions, dont l'une est dissoute ou en suspension dans l'eau, tandis que l'autre demeure fixée dans le résidu ligneux et ne sert à rien.

Pour mettre la matière colorante à nu, et la séparer des corps qui pourraient la retenir malgré l'affinité des mordants, MM. Robiquet et Colin ont employé l'acide sulfurique concentré à forte dose : voici du reste, la description de leur procédé de fabrication telle qu'ils l'ont indiquée.

« On délaie la garance dans cinq à six parties d'eau froide, et on la laisse macérer du soir au lendemain, afin de donner le temps à la portion de matière colorante qui se dissout d'abord de pouvoir se précipiter ensuite, comme cela arrive dans la coagulation spontanée de la gelée ; alors on jette le tout sur des toiles, et quand le marc est suffisamment égoutté, on le soumet à la presse, puis on le reprend pour le délayer de nouveau dans une semblable quantité d'eau ; on remet immédiatement à la presse, et on réitère encore une fois cette même opération.

« Lorsque ces trois lavages sont terminés, on délaie ce marc encore humide et bien écrasé avec une demi-partie d'acide sulfurique, eu égard à la quantité primitive de garance employée ; mais il faut que cet acide soit étendu de plus ou moins d'eau suivant la température, et seulement au moment de l'employer, afin de mettre à profit la chaleur qui se dégage pendant le mélange. Cet acide, ainsi étendu, est donc versé tout chaud sur la garance, puis on brasse le tout avec autant de rapidité que possible, et quand on juge que le mélange est bien opéré, on élève la température à 100°, et on la maintient à ce degré pendant une heure environ. Au bout de ce temps, la matière est délayée de nouveau dans une quantité convenable d'eau, filtrée et lavée sur les toiles jusqu'à ce que le liquide soit parfaitement insipide. Alors on soumet la matière à la presse, puis on la fait sécher et passer au tamis.

« Dans cette opération, l'acide n'a subi d'autre altération que de s'affaiblir et de se charger de quelques sels calcaires, ce qui ne l'empêche pas d'être propre à la fabrication du sulfate de soude ; on pourra peut-être utiliser aussi le premier lavage aqueux, qui contient beaucoup de matière sucrée qu'on peut facilement transformer en alcool. »

Ce procédé fut d'abord mis en usage en 1829, mais la garancine n'a été employée d'une manière courante qu'en 1839, notamment à Rouen et en Alsace.

On compte aujourd'hui douze à quinze fabriques de garancine à Avignon, et une ou deux en Alsace. Les fabricants d'Avignon retirent ce produit des garances du comtat Venaissin même ; ceux d'Alsace sont obligés pour augmenter la force de leur garancine d'employer avec les garances alsaciennes une petite quantité de garance du Midi.

Les procédés de fabrication de la garancine varient un peu suivant les fabriques ; aujourd'hui cette nouvelle matière colorante vaut 4 fr. 50 c. à 5 fr. le kilogr. avec escompte de 6 p. 100.

Les variétés de garancines sont nombreuses, on en rencontre dans le commerce qui rendent quatre fois la valeur de la matière colorante de la garance qui a servi à les obtenir, tandis que d'autres ne donnent que deux fois et demie cette valeur : on peut admettre qu'en général une bonne garancine vaut trois fois plus qu'une bonne garance.

La consommation de la garancine est en moyenne de 1600 à 1800 barriques de 300 kilogr. par an pour celle d'Avignon, et de 4 à 600 fûts de même contenance pour celle d'Alsace.

La quantité de garance employée en teinture a baissé de près de moitié depuis l'introduction de la garancine ; mais ce changement dans l'emploi de la matière colorante n'a pas changé le mode de garançage, et les mordants sont restés les mêmes.

Il existe des garancines mal lavées et acides avec lesquelles on emploie de la craie pour les neutraliser en partie, car une trop grande acidité est nuisible ; il faut éviter autant que possible cet emploi et même celui des alcalis.

Les garancines ont un grand avantage sur la garance,

Digitized by Google

elles ne *chargent* pas les blancs comme cette dernière, et le blanchiment des étoffes garancées devient alors presque nul.

Les nuances obtenues par la garancine sont plus brillantes et plus vives que celles fournies par la garance; cependant toutes les garancines ne donnent pas les mêmes nuances avec la même richesse et le même éclat.

M. Léonard Schwartz de Mulhausen a pris un brevet de 15 ans, en 1845, pour la fabrication d'une garancine préparée avec les résidus de garance qui a déjà servi à la teinture; ce produit qu'il a nommé *garanceur*, est beaucoup moins riche en principe colorant que les bonnes garancines ordinaires, il a à peu près la même valeur tinctoriale que les garances, et son prix d'achat est de 2 fr. 25 c. le kilogr.

M. Steiner a pris aussi la même année un brevet en Angleterre, pour la préparation de la garancine avec les résidus de garance; son procédé a une grande analogie avec celui de M. Schwartz, voici du reste comment il opère : En dehors des bâtiments où se trouvent les cuves de teinture on établit un grand filtre en creusant un trou dans la terre et en garnissant cette cavité, au fond et sur les parois, de briques sans mortier pour les unir. Sur les briques du fond on met une certaine quantité de pierres et de graviers, et sur ces derniers on pose une grosse toile à voile. Au-dessous du fond en brique on a disposé un canal qui sert à évacuer les eaux de filtration. Près du filtre, se trouve dans un tonneau de l'acide sulfurique étendu d'eau et d'un poids spécifique de 105, celui de l'eau étant 100.

Des cuves de teinture, la garance est dirigée, par un conduit, dans le filtre, tandis qu'en même temps on verse une certaine quantité de l'acide étendu, dans le même conduit; la garance se colore alors en jaune orange, et l'acide précipite la matière colorante qui était dissoute et l'empêche de fermenter. Une fois que le filtre a séparé les liquides des matières en suspension, on enlève ces dernieres pour les mettre dans des sacs qui sont ensuite pressés entre les plateaux d'une presse hydraulique. Ces sacs perdent par cette pression une quantité d'eau égale à la moitié et quelquefois aux deux tiers de leur poids. Le résidu retiré des sacs est brisé, puis tamisé, et à cette matiere, qu'on met dans une cuve en bois doublée de plomb, on ajoute le cinquième de son poids d'acide sulfurique à 60° qu'on répand uniformément sur la garance à l'aide d'un arrosoir en plomb. On brasse le mélange : quand le contact a été bien établi, on retire la garance pour la mettre dans une autre cuve sur un double-fond en plomb percé de trous; sous le faux-fond on introduit un courant de vapeur qui traverse ce faux-fond et imprègne la matière.

Pendant ce travail qui dure deux heures au plus, il se forme une substance brune qui est composée d'un mélange de garancine et de matières organiques carbonisées. Cette substance est alors étendue sur le sol où elle se refroidit, après quoi on la jette sur un filtre ou on l'épuise par l'eau froide jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus acide. Remise en sacs et pressée de nouveau, cette garancine est séchée à l'étuve et réduite en poudre, puis passée au tamis.

Pour la neutraliser complétement, M. Steiner ajoute à cette substance la vingt-cinquieme partie de son poids de carbonate de soude sec qu'on y mélange le plus intimement possible. C'est à cet état qu'on emploie cette garancine.

Le produit commercial connu sous le nom de *colorine* est le résidu de la distillation des teintures alcooliques provenant du traitement du *charbon sulfurique* par l'alcool. Le résidu qui est de l'alizarine mêlée d'un peu de matières grasses est retiré de l'alambic pour être délayé dans l'eau, puis pressé dans le but d'en éliminer la matière grasse; cela fait on le dessèche et on le réduit en poudre; la poudre qu'on obtient est jaune d'ocre, elle est sans odeur ni saveur marquées et possède toutes les propriétés chimiques de l'alizarine.

MM. Pariset, Gastard et Fauquet de Rouen furent les premiers qui firent l'application en teinture de la colorine; mais l'emploi véritablement manufacturier de ce produit est dû à MM. Girardin et Greiley. Cette nouvelle matière colorante portera, sans aucun doute, une grande simplification dans l'industrie des indiennes, et accélérera surtout les procédés d'impressions.

La colorine de ces messieurs se vend à Rouen 40 fr. le kilogramme.

Comme tous les produits commerciaux dont le prix est élevé, les garances sont l'objet d'une foule de fraudes qu'il est bon de signaler. Tantôt on mélange à la poudre de garance des substances minérales, telles que la brique pilée, l'ocre rouge et jaune, le sable et l'argile jaunâtre; tantôt, au contraire, c'est avec des substances végétales qu'on altère les garances, et on a soin de choisir celles dont la couleur se rapproche de la nuance de cette racine. On emploie souvent de la sciure de bois, des coques d'amandes, du son, de l'écorce de pin, du bois d'acajou, du bois de santal, etc. Ces poudres étrangères non seulement diminuent d'autant la valeur des produits tinctoriaux, mais encore absorbent de la matière colorante, aussi nuisent-elles beaucoup plus à la teinture que les matières minérales.

Pour reconnaître l'adultération des garances, on est obligé d'essayer ces matières. Notre but n'est pas ici d'entrer dans les détails des procédés chimiques employés pour reconnaître ces fraudes et faire l'essai des garances; nous nous contenterons de renvoyer nos lecteurs aux procédés très simples dus à M. Girardin, et qui se trouvent décrits dans la *Technologie de la garance*, mémoire dont nous avons déjà parlé.

GARANTIE. Les matières d'or et d'argent, sous quelque forme qu'elles paraissent dans le commerce, doivent porter l'empreinte de leur titre, c'est-à-dire de la quantité proportionnelle de fin qu'elles renferment, c'est ce qu'on nomme la *garantie*, parce qu'en effet cette empreinte est dans la circulation le signe de reconnaissance, le gage de la fabrication qui garantit les droits entre l'acheteur et le vendeur.

La matiere est brute ou fabriquée : brute, elle est présentée en *lingots* sur lesquels on inscrit avec un *poinçon* le nom de l'essayeur ou des essayeurs, car l'acheteur et le vendeur emploient le plus souvent chacun leur essayeur, pour faire vérifier la teneur en argent ou en or fin. Si les essayeurs, qui sont des officiers de commerce, ne sont pas d'accord entre eux, on peut avoir recours à un essayeur de la garantie, qui est un officier de l'administration; et enfin, dans le cas où les parties ne s'en rapporteraient pas à ce dernier, l'administration des monnaies est appelée à juger en dernier ressort, en faisant faire l'essai dans les laboratoires : toutefois elle n'intervient que pour contrôler les opérations des essayeurs de la garantie, qui sont des agents sous sa dépendance, et non celles des essayeurs du commerce, qui exercent une profession libre, et qui ne sont soumis qu'à obtenir préalablement un brevet de capacité. La matière fabriquée constitue les *monnaies* et les *objets d'orfévrerie ou de bijouterie*, et doit toujours être soumise, avant la mise en circulation, à une garantie légale, et ne peut donc, par conséquent, être contrôlée que par les seuls agents de l'administration, par les essayeurs de garantie. Les titres voulus par la loi, ainsi que la manière de procéder aux essais des matières d'or et d'argent, ayant été indiqués avec détails à l'article ESSAI, nous n'y reviendrons pas ici, et nous rappellerons seulement que la garantie est régie par la loi du 19 brumaire an VI.

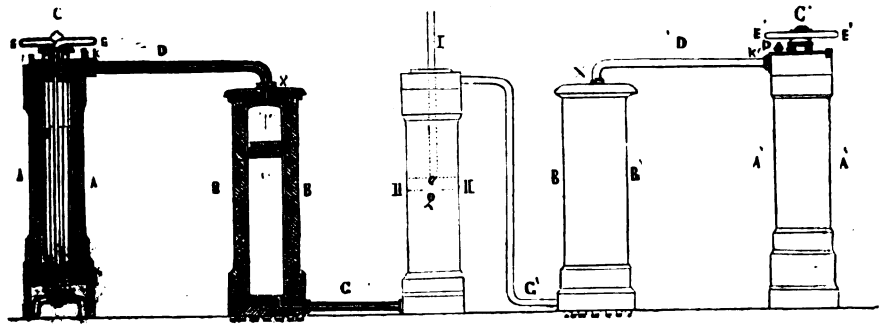
GAUDE (*angl.* weld, *all*, wau). Plante herbacée qui croît naturellement dans toute l'Europe, mais particu-

Digitized by Google

lièrement dans les lieux sablonneux ; c'est une espèce de *réséda*, à laquelle Linnée a donné le nom de *luteola*, à cause de la couleur jaune qu'elle contient.

La gaude est employée en teinture pour teindre en jaune et en vert. On en fait aussi une laque jaune très solide employée dans la peinture. La matière colorante de la gaude a été isolée par M. Chevreul, qui lui a donné le nom de *lutéoline ;* elle cristallise en cristaux aciculaires, peu solubles dans l'eau, beaucoup plus dans l'alcool et l'éther, et qui se subliment par l'action de la chaleur sans se décomposer.

GAUFRAGE. On donne le nom de *gaufreur* à l'ouvrier qui imprime des figures en bas-relief sur une étoffe quelconque, avec des fers chauds ou des cylindres gravés ; les instruments gravés dont il se sert se nomment *gaufroirs*, et l'action d'appliquer les fers chauds sur l'étoffe, pendant un temps suffisant pour



1077.

que les diverses figures prennent la forme désirée et puissent la conserver, se nomme *gaufrage*.

Le *gaufroir* est ordinairement composé de deux parties : le gaufroir proprement dit, et sa contre-épreuve ; le premier est en laiton gravé en creux, et sa contre-partie peut être en carton qui se moule sur le gaufroir ; des chevilles de repère servent à les placer toujours l'un sur l'autre sans pouvoir se tromper. On humecte légèrement la substance qu'on veut gaufrer, on la place sur le dessin du gaufroir un peu échauffé, on recouvre avec la contre-partie et l'on met à la presse. On les laisse en repos jusqu'à ce que le gaufroir soit froid, et on retire alors la pièce à gaufrer qui a parfaitement pris l'empreinte.

Lorsqu'on gaufre au cylindre, celui-ci porte la gravure sur sa circonférence convexe ; des fers chauds sont placés dans l'intérieur du cylindre, et l'échauffent suffisamment. Le cylindre inférieur est recouvert de draps fortement tendus et élastiques, qui servent de contre-épreuve. L'étoffe légèrement humectée passe lentement et sous une forte pression entre les deux cylindres ; elle a le temps de s'y sécher et d'être fortement imprimée.

GAZ. Les gaz se distinguent des solides et des liquides par la tendance qu'ont leurs molécules à occuper tout l'espace qui leur est offert, et réciproquement à pouvoir se comprimer sous un très faible volume, en raison inverse de la pression à laquelle ils sont soumis, ce qui constitue la *loi de Mariotte*, et leur a fait donner le nom de *fluides élastiques*.

Les gaz se distinguent en gaz permanents et gaz coërcibles : ces derniers sont ceux que l'on est parvenu à liquéfier et même à solidifier par l'action d'un grand froid, d'une pression considérable, ou de l'un et de l'autre : ce sont le chlore gazeux, le gaz ammoniac, le protoxyde d'azote, l'hydrogène sulfuré, et les acides sulfureux, hydro-chlorique et carbonique (voyez pour les propriétés de chacun de ces gaz à leur nom).

Les vapeurs rentrent dans les gaz coërcibles ; nous en parlerons aux articles MACHINE A VAPEUR et VAPEUR.

GAZ (*éclairage au*). Voyez ÉCLAIRAGE.

GAZ (MACHINE A). Nous rapportons simplement, comme intéressant par les ingénieuses dispositions qui y sont employées, la machine à gaz acide carbonique de notre célèbre compatriote M. Brunel.

L'acide carbonique, qui se liquéfie sous une pression de 40 athmosphères, développe à 80° (en redevenant gazeux) une pression de 80 atmosphères au moins. C'est, d'après cette donnée, que Brunel imagina de substituer l'acide carbonique à la vapeur d'eau pour faire mouvoir les machines. Son appareil est formé de cinq cylindres AA, BB, HH, B'B', A'A' (fig. 1077) verticaux, communiquant entre eux. Les cylindres extrêmes renferment l'acide carbonique, qui y est comprimé et liquéfié une fois pour toutes à l'aide d'une pompe. Chacun d'eux joue alternativement le rôle de chaudière et de condenseur, et à cet effet ils contiennent plusieurs tubes cylindriques longitudinaux T, dans lesquels on fait passer successivement de l'eau chaude et de l'eau froide. Cet acide passe dans les cylindres BB, B'B', par les tuyaux D,D', et presse des pistons mobiles au-dessous desquels est située une masse d'huile. L'huile remplit le cylindre central HH, et communique la pression à son piston *a*, dont la tige I transmet le mouvement au reste de la machine. Pour concevoir le jeu de cet appareil, imaginons que l'eau chaude coule dans AA, et l'eau froide dans A'A', l'acide carbonique pressera plus fortement le piston de BB que celui de B'B', et le piston *a* de HH montera. Lorsque celui-ci sera au haut de la course, on fera passer de l'eau froide dans AA et de l'eau chaude dans A'A', et le piston *a* prendra un mouvement contraire au précédent. L'emploi des cylindres intermédiaires BB, B'B' et de l'huile est motivé sur la nécessité d'éviter les fuites d'acide carbonique ; mais il en résulte une perte de force considérable.

M. Brunel fut obligé de renoncer à cette invention, dont le principe était faux ; car, comme nous le verrons à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, le travail produit par l'expansion d'un corps réduit en vapeur, puis, ramené à son état primitif, ne dépend que de la quantité de chaleur employée, et nullement du point d'ébullition de ce corps et de son plus ou moins grand coefficient de dilatation. La quantité de chaleur employée dans cet appareil étant minime, le travail ne pouvait être que minime.

GAZE. Tissu léger fait en soie, ou en soie et fil de

Digitized by Google

lin, dont le caractère particulier, consiste dans l'écartement des fils de la trame, maintenus constamment à des distances égales, par le serpentement de deux fils de chaîne l'un sur l'autre, qui n'en présentent ensuite qu'un à l'œil, et dont l'ensemble avec le fil de trame forme un tissu criblé de trous. (Voyez LIN, SOIE).

GAZE MÉTALLIQUE. Toile en fil de métal, de fer ou de cuivre, dont le tissu est plus ou moins serré, et qui est employée à la confection des LAMPES DE SURETÉ. On s'en est aussi servi pour remplacer l'étamine dans les blutoirs à farine, etc., mais on y a actuellement généralement renoncé.

GAZOMÈTRE. Réservoir servant à emmagasiner le gaz destiné à l'éclairage, au fur et à mesure de sa production. (Voyez ÉCLAIRAGE).

GÉLATINE. Nous avons vu, en parlant de la fabrication des COLLES-FORTES, que la *gélatine* peut s'extraire des *os* par deux procédés différents; dans l'un, la gélatine reste pour résidu, tandis que la partie calcaire est dissoute; dans l'autre, au contraire, la gélatine est entraînée à l'état de dissolution, et le squelette osseux qui reste sert à fabriquer le noir animal, comme nous le verrons plus tard.

Gélatine par les acides. Cette préparation consiste à dissoudre, au moyen de l'acide hydro-chlorique, les sels calcaires contenus dans les os, et à mettre ainsi en liberté la matière animale qui n'est pas attaquée par cet acide étendu.

Les os sont à peu près composés de :

40 p. 100 de matières animales;
60 p. 100 de phosphate et de carbonate de chaux.

Dans les 60 p. 100 de sels calcaires, le phosphate de chaux entre pour les quatre cinquièmes, et le carbonate pour un cinquième seulement. L'acide dissout le carbonate en dégageant de l'acide carbonique, et transforme le phosphate neutre en bi-phosphate soluble en s'emparant d'une partie de sa base; il y a formation de chlorure de calcium, et tous les sels sont ainsi dissous.

En pratique, tous les os ne sont pas également bons pour la préparation de la gélatine; les uns, par leur extrême cohésion, s'attaquent trop lentement; les autres ne donnent pas une proportion de gélatine suffisante pour couvrir les frais de l'opération. Ainsi, tous les os qu'on appelle *os gras* sont abandonnés aux fabricants de noir animal; voici ceux dont on fait surtout usage :

1° *Les cornillons de bœuf ou de vache.* Ce sont les os qui garnissent l'intérieur des cornes, leur porosité les rend facilement attaquables par l'acide hydro-chlorique, et ils donnent une proportion de gélatine plus considérable que tous les autres os; le produit qu'on en retire est aussi de bonne qualité : ils valent à Paris de 14 à 16 fr. les 100 kilogr. :

2° *Les caboches.* Ce sont les os de la tête des bœufs ou des chevaux : comme ils sont très minces ils s'attaquent aussi très facilement et donnent une belle gélatine. Il faut, avant de les employer, en séparer à coups de hache les dents adhérentes à la mâchoire; ces dents emploieraient en pure perte de l'acide hydro-chlorique. Le prix de ces os est de 8 fr. les 100 kilogr.

3° *Les résidus des fabricants de boutons.* Ces déchets sont des os plats et très minces dans lesquels on a découpé les boutons; comme ils sont percés d'un grand nombre de trous, on leur a donné le nom de *dentelles;* ces résidus donnent une gélatine très blanche et de bonne qualité : on s'en procure des quantités considérables à Paris.

4° *Les têtes ou caboches de moutons.* Ces os donnent aussi une gélatine d'une grande blancheur, mais moins forte que celle des précédents et en plus faible proportion; cette gélatine a en outre une tendance à devenir laiteuse, aussi peu de fabricants emploient ces os, et leur prix est très bas. Voilà à peu près les seules variétés qui soient employées.

Généralement on ne fait subir à ces os aucun traitement préliminaire; il serait peut-être bon cependant, si l'on avait de l'eau en abondance, de les y plonger pendant quelque temps; on en séparerait ainsi les matières étrangères et ils seraient ensuite plus facilement attaquables par l'acide employé.

Il est rare qu'on les réduise en morceaux, et comme ils renferment peu de graisse on se dispense le plus souvent d'en extraire cette matière. Quoi qu'il en soit, voici comment on procède à l'amollissement de ces os.

Dans de grands cuviers en bois ou dans des bacs rectangulaires doublés en plomb, d'une capacité d'environ 2 mètres cubes, on met les os à traiter avec une quantité égale d'acide hydro-chlorique à 23° Beaumé, étendu de quatre fois son poids d'eau. Les os doivent toujours être recouverts de 2 à 3 centimètres de liquide.

Les cuviers où se fait cette première opération doivent, autant que possible, être à l'abri du soleil, car une température élevée pourrait occasionner l'attaque de la matière animale elle-même.

Au bout de sept à huit jours l'amollissement des os est complet; on les enlève avec une large écumoire en tôle, pour les porter de suite dans les cuviers en bois où on les lave à grande eau. Comme le bain acide n'est pas suffisamment épuisé par cette première immersion, on y ajoute une nouvelle quantité d'os égale à la première, et qui, en un jour ou deux, épuise complétement l'acide : ces os sont alors enlevés et portés immédiatement dans un bain neuf où ils restent comme les premiers, sept à huit jours. L'opération se continue ainsi toute l'année.

Cette manière d'opérer pourrait être plus méthodique en changeant plus souvent les os de bains acides; on devrait également, si on le pouvait, laver avec plus de soin les os épuisés; dans quelques usines on les expose à l'action d'un courant d'eau, et même on les plonge ensuite dans un bain d'eau de chaux pour saturer les dernières traces d'acide qu'ils pourraient renfermer encore.

Les eaux acides sont vendues, lorsque les localités le permettent, aux fabricants de phosphore qui en retirent le phosphate en dissolution. Ces mêmes eaux saturées par des eaux ammoniacales constituent un excellent engrais après leur évaporation.

Les os ramollis, après avoir été lavés à deux ou trois reprises, puis chaulés, sont exposés en plein air sur un sol pavé, ou mieux sur des filets à mailles solides et disposés en rayons, où ils se dessèchent; cette dessiccation n'est pas seulement nécessaire pour l'emmagasinage, mais elle est aussi indispensable à la bonne qualité de la colle.

Pour convertir en gélatine ou colle-forte les os ramollis et desséchés, on les fait digérer dans de l'eau bouillante. Cette dissolution qui se fait dans des chaudières en tôle ou en fonte, ne donne de bons produits peu colorés, que si on a soin d'opérer à une température à peine égale à 100°. Pour satisfaire à cette condition, on fait usage dans quelques fabriques de vases chauffés au bain-marie. Ces appareils se composent d'une chaudière en tôle munie d'un double-fond sous lequel on introduit, à l'aide d'un entonnoir à robinet, l'eau qui doit recevoir l'action directe du foyer et par son contact chauffer l'appareil. Une soupape communiquant avec l'espace réservé entre les deux fonds, permet de régler à volonté la température du bain d'eau chaude. Cette disposition évite les coups de feu qui peuvent, avec de simples chaudières, brûler leur fond et colorer les produits. L'emploi de chaudières à bascule chauffées par un serpentin de vapeur serait probablement avantageux.

La dissolution de gélatine s'obtient en ajoutant la quantité d'eau suffisante pour n'avoir qu'à chauffer sans

Digitized by Google

évaporer ; aussitôt qu'elle est terminée, on laisse déposer quelque temps, puis on soutire dans des moules en bois doublés de plomb ou de zinc. Avant de couler, on a soin de garnir le robinet de vidange d'un torchon de paille qui filtre en quelque sorte la dissolution et qui retient le marc de colle, c'est-à-dire les parties non dissoutes.

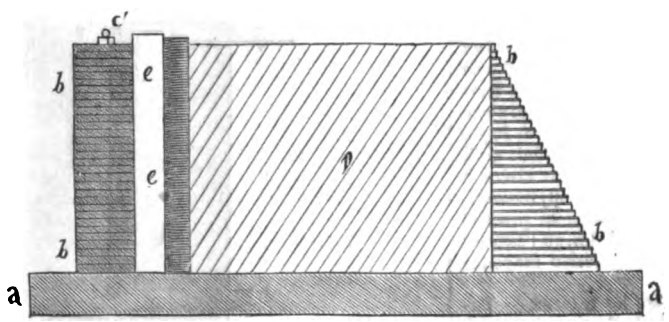
Quelquefois la solution gélatineuse est soutirée toute bouillante dans une seconde chaudière, enveloppée de corps mauvais conducteurs de la chaleur : c'est là que se fait la clarification. Après quelques heures de repos on coule dans les moules.

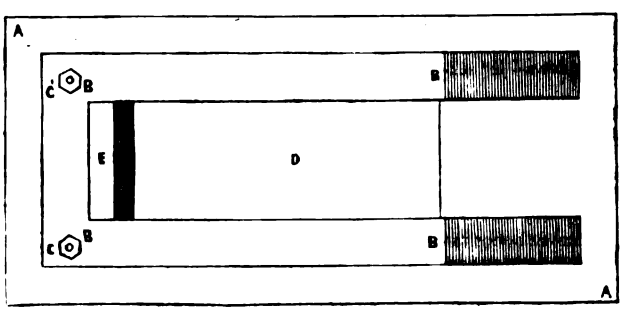
Les pains refroidis sont extraits des moules ; ils ont à peu près $0^m,20$ de longueur, $0^m,08$ de largeur et $0^m,15$ d'épaisseur, il s'agit de les découper en feuilles minces qui n'ont quelquefois que 4 millimètres d'épaisseur.

A cet effet, on emploie des appareils simples et ingénieux : en Angleterre on fait usage d'une boîte en bronze à fond mobile ; ce fond peut s'abaisser ou s'élever à volonté d'une quantité donnée, à l'aide d'une vis micrométrique. On dépose dans cette boîte le pain de gélatine à diviser, et on fait alors mouvoir le fond de l'appareil jusqu'à ce que le sommet du pain dépasse les bords supérieurs de la boîte d'une hauteur égale à l'épaisseur qu'on veut donner aux feuilles de colle ; puis à l'aide d'un fil de laiton tendu qu'on promène sur deux bords parallèles des faces de la caisse ; on enlève ce qui dépasse, on obtient ainsi une première tranche de gélatine. On soulève encore le fond de la même quantité, on coupe de nouveau ce qui dépasse la boîte et on continue de même jusqu'à ce que tout le pain soit divisé. La dernière tranche est mise de côté pour être refondue, car elle renferme les matières étrangères qui se sont déposées après le coulage en pains.

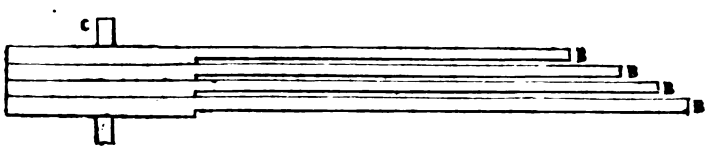
M. Grenet, de Rouen, emploie dans le même but un appareil dont nous donnons le dessin ci-dessous. La fig. 1078 en représente le plan, et la fig. 1079 la coupe verticale. Voici en quoi consiste cet appareil : sur une plate-forme en bronze *a*, est une série de plaques en laiton *b*, *b*, évidées à leur intérieur et posées les unes sur les autres ; chacune de ces plaques se trouve percée de deux trous, ce qui permet de les relier à l'aide de deux boulons *c*,*c'*, fixés au plateau en bronze. La plaque du bas est la plus longue, celles qui sont au-dessus ont une longueur graduellement moindre, elles ne sont en contact que par les faces de leur plus petit côté, c'est ce que montre d'ailleurs la figure 1080, qui représente l'assemblage de cinq de ces plaques : un espace égal à peu près au cinquième de leur épaisseur existe donc entre les faces des longs côtés de ces plaques.

1079.





1078.



1080.

Le vide existant au milieu de l'appareil reçoit le pain de gélatine *a*, qui a les mêmes dimensions ; ce pain s'appuie contre une brosse *e*, qui occupe le plus petit des trois côtés de cette espèce de boîte. L'appareil étant disposé comme l'indiquent les figures, rien n'est plus facile que de couper en feuilles la gélatine qui se trouve au centre ; pour cela on fait passer entre toutes les plaques (ce que permettent les vides qui s'y trouvent ménagés) un fil de laiton qu'on tient tendu et la division est opérée.

Comme toutes les plaques ont la même épaisseur (celle qu'on veut donner aux feuillets), on obtient une série de tranches gélatineuses égales.

La brosse *e*, est destinée à permettre au fil métallique de couper entièrement et d'une manière franche chaque feuille jusqu'au bout ; une fois la feuille coupée le fil qui est pris dans les crins de la brosse est retiré et engagé entre les deux plaques suivantes.

Enfin, nous dirons un mot de l'appareil à diviser de M. Pélier, fabricant de colle à Paris ; cet instrument est certainement celui qui opère le plus rapidement, car il suffit de couper une feuille pour les couper toutes à la fois.

M. Pélier met ses pains de colle dans un canal en

Digitized by Google

bois dont les faces sont à charnières et viennent, quand la division s'opère, serrer le pain qu'on découpe. Un cadre en fer portant 22 lames de couteau espacées d'une quantité égale à l'épaisseur à donner aux feuilles de gélatine, peut tourner autour d'un de ses côtés qui lui sert d'axe et vient s'abattre à volonté sur le pain de colle de telle manière que les lames se trouvent parallèles au canal renfermant ce pain qui se trouve ainsi divisé en 23 plaques d'un seul coup. Quand on relève les couteaux, les faces du canal qui comprimaient latéralement le prisme de colle tombent en tournant autour de leur arête inférieure, et les 23 feuilles de colle se trouvent libres.

Dans ce dernier appareil, le fond du canal où se mettent les pains est garni d'une brosse afin d'obtenir des coupures franches. Nous ne parlerons point ici de la dessiccation des feuilles de gélatine ; cette dessiccation et les chances qu'elle court ont été indiquées ailleurs (voir l'article COLLE-FORTE), ainsi que les rendements en gélatine obtenus par ce procédé avec les différentes qualités des os employés.

Gélatine extraite des os par la vapeur. C'est en l'année 1681 que l'extraction de la matière animale des os fut opérée pour la première fois, et ce fut à l'aide de la vapeur à haute pression qu'on y parvint.

Papin, à qui l'on doit les premières notions précises sur la force motrice de la vapeur et sur l'emploi utile de cette force, eut l'idée de traiter les os à une haute température, en se servant pour cela de l'appareil qui porte encore son nom ; mais l'emploi de la *marmite de Papin* présentait de graves inconvénients : le produit qu'il donnait ne se prenait pas en gelée, il était altéré le plus souvent et avait alors une saveur empyreumatique fort désagréable. Aujourd'hui même ce procédé défectueux est encore en usage dans le Midi, où l'extraction de la gélatine se fait sous une pression moyenne de 3 atmosphères.

En 1812, M. d'Arcet, reprenant les travaux de Papin, reconnut que les os exposés à l'action de l'eau à une température élevée, perdent une portion de leur matière animale qui est transformée en ammoniaque ; cette transformation n'a plus lieu si on opère à 100° seulement.

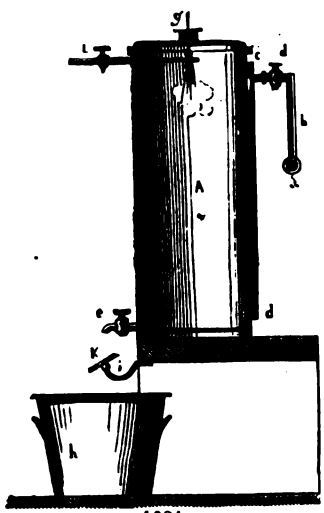
Le procédé que M. d'Arcet proposa à cette époque et qu'il a perfectionné depuis, consiste à rendre indépendant de l'appareil à extraire la gélatine celui qui doit fournir la vapeur, et à n'opérer la transformation du tissu cellulaire en gélatine qu'à une température maximum de 106°.

Ce qui a été dit de ce procédé, en parlant de la COLLE-FORTE (page 866) nous dispense d'entrer dans de plus grands détails. Nous nous contenterons de donner le dessin et la description de l'appareil imaginé par ce savant.

Cet appareil est représenté par les fig. 1080 et 1081. Fig. 1081, coupe verticale de l'appareil à extraire la gélatine : *A*, cylindre en fonte hermétiquement fermé dans lequel arrive de la vapeur ; *a*, tuyau faiblement incliné, apportant la vapeur d'un générateur qui est le complément de l'appareil ; *b*, tuyau vertical conduisant la vapeur dans le cylindre *A* ; *c*, *c'*, tuyaux faisant suite au tuyau *b*, et conduisant la vapeur, l'un en haut et l'autre au bas de l'appareil ; *d*, robinet placé sur le tuyau *b*, et servant à régler l'introduction de la vapeur dans le cylindre en fonte. (Les tuyaux et le cylindre doivent être enveloppés de matières conduisant mal la chaleur afin d'empêcher leur refroidissement) ; *e*, robinet placé à la partie inférieure du cylindre pour l'écoulement de la dissolution gélatineuse ; *f*, couvercle du cylindre. Ce couvercle se fixe au cylindre de différentes manières, seulement on a soin de garnir le joint d'une rondelle de carton pour empêcher les fuites ; *g*, tubulure fixée au couvercle, pour y placer à volonté un thermomètre ou un manomètre ; *h*, vase destiné à recevoir la gélatine au fur et à mesure de sa production ; *i*, gouttière destinée à conduire dans un autre vase la graisse qui coule d'abord quand l'appareil commence à marcher ; *k*, gouttière mobile autour d'un axe placé à son centre, et qui reçoit directement le liquide qui s'écoule par le robinet *e*, pour le verser soit dans le vase *h*, soit dans la rigole *i*, suivant le côté où elle est inclinée ; *l*, tuyau amenant de l'eau froide dans l'intérieur du cylindre ; *m*, ajutage mobile qu'on fixe au tuyau *l*, quand le panier qui contient les os est dans le cylindre, ce petit tube verse l'eau froide goutte à goutte au milieu de l'appareil, ce qui empêche une élévation de température trop considérable en même temps que la dissolution est rendue plus claire.

1080.





1081.

Fig. 1080. Élévation du panier garni d'une toile métallique en fil de fer ; c'est dans ce panier que se placent les os qui doivent être exposés à l'action de la vapeur dans le cylindre A ; *a*, est l'anse par laquelle on enlève ce panier chargé d'os, au moyen d'une poulie supérieure, quand il s'agit de le placer dans le cylindre, ou de l'en retirer après l'épuisement des os.

Dans cet appareil, il est de la plus haute importance de ne pas trop prolonger l'action de la vapeur, si on ne veut pas s'exposer à transformer une partie des matières animales en produits ammoniacaux. Il faut en outre en tenir toutes les parties dans le plus grand état de propreté pour prévenir toute fermentation putride.

Quand le travail a été bien conduit, le résidu de l'opération contient :

Phosphate et carbonate de chaux. . . .	90
Matière animale non attaquable par la vapeur, savon de chaux et graisse libre. . . .	10
	100

Digitized by Google

Aussi ce mélange ajouté à des os neufs ou des débris animaux donne-t-il, par une calcination en vases clos, un excellent charbon animal.

Ce résidu s'emploie également pour la préparation du phosphore, et, comme nous l'avons dit, en parlant des engrais, son emploi est très convenable pour fertiliser le sol, surtout dans la culture des céréales.

La dissolution gélatineuse fournie par ce procédé peut renfermer jusqu'à 40 grammes de gélatine par litre, on l'évapore rapidement dans des chaudières peu profondes en ayant soin de ne pas trop élever la température; le degré de concentration une fois assez élevé, on laisse déposer et on met en moules, on divise et on sèche comme par l'autre procédé.

Quant à la graisse qui s'écoule des cylindres et qui vient se figer à la surface de la dissolution de gélatine, elle peut remplacer le beurre comme aliment et la moelle de bœuf dans la confection des pommades.

Il nous reste à parler encore de la préparation de la gélatine alimentaire.

Gélatine alimentaire. Ce fut immédiatement après la découverte de son nouveau procédé d'extraction, que M. d'Arcet appliqua à la nourriture de l'homme la gélatine extraite des os par le moyen de l'acide hydrochlorique; mais le prix élevé auquel se vendait alors cette matière empêcha son emploi pour cet usage. C'est ce qui conduisit ce chimiste distingué à reprendre les expériences de Papin, et ce qui l'amena à imaginer l'appareil dont on fait encore usage aujourd'hui.

L'expérience ayant appris qu'il fallait au moins quatre jours pour extraire, à l'aide de la vapeur à faible tension, la matière animale que renferment les os lorsqu'on tient à l'avoir de bonne qualité, M. d'Arcet composa son appareil de quatre vases d'égale capacité, en tout semblables à celui dont nous avons donné la description et le dessin précédemment.

Les os s'épuisant en quatre jours de travail continu, on conçoit qu'en chargeant d'os un cylindre chaque jour, et en recevant dans un même vase, à chaque tirage, les liqueurs qui s'écouleront en ouvrant à la fois les robinets de vidange des 4 cylindres, on arrivera à obtenir un ordre de travail régulier au bout du quatrième jour de marche et le service de l'appareil consistera simplement alors à remplir chaque jour un panier d'os concassés, à ouvrir le cylindre où les os sont restés quatre jours exposés à l'action de la vapeur, à en retirer le panier en toile métallique chargé d'os épuisés qu'on remplacera par des os neufs préparés d'avance, à remettre ensuite ce panier dans le cylindre en fonte dont on referme alors l'entrée après avoir toutefois remis le tuyau d'injection d'eau froide qui doit augmenter la condensation. Cela fait, on laisse de nouveau arriver la vapeur en même temps qu'on ouvre le robinet d'eau froide et celui de vidange. Pendant les deux premières heures, la graisse seule s'écoule; on la recueille à part.

Quant à la dissolution gélatineuse, qui sort après, on la porte immédiatement dans un endroit frais.

Dans la préparation de la gélatine alimentaire, les os de bœuf sont seuls employés, il faut qu'ils soient propres et frais. Les os de veau, de porc et de mouton, mêlés aux précédents, nuisent à l'aspect ou à l'odeur du bouillon.

On a soin d'enlever, avant de les concasser, tout ce qui adhère aux os, car les cartilages, la peau, etc., troubleraient la dissolution de gélatine.

On doit obtenir 900 litres de dissolution pour 60 kilogr. d'os traités pendant 24 heures dans un des cylindres. La préparation de ces 900 litres de bouillon exige 144 kilogr. de houille.

La dissolution gélatineuse obtenue pour la confection des bouillons doit contenir 10 à 12 grammes de gélatine par litre, elle doit en outre être sans saveur ni odeur quand les appareils sont propres et construits en métaux salubres. M. d'Arcet a conseillé pour la conserver de l'acidifier légèrement avec du vinaigre ou mieux de l'acide citrique ou tartrique, ce qui en même temps facilite sa prise en gelée quand on la concentre davantage.

La graisse recueillie au commencement d'une opération est fondue avec des oignons coupés en tranches minces et qu'on y fait frire; puis une fois toute l'eau partie, on ajoute une croûte de pain grillé qui enlève l'odeur : elle est alors de bonne qualité.

A Reims, pour préparer 400 litres de bouillon de viande au moyen de la dissolution de gélatine telle qu'on l'obtient au sortir de l'appareil de M. d'Arcet, on emploie :

Dissolution gélatineuse.	400 litres.
Viande avec ses os.	20 kilogr.
Carottes épluchées. . .	10
Porreaux épluchés	5
Navets.	2,5
Céleri.	0,5
Sel.	8,0
4 clous de girofle.	
Quelques carottes roussies.	

On met toutes ces matières dans une marmite d'une capacité de 450 litres et on les chauffe pendant 5 heures. On obtiendrait un excellent bouillon si, au lieu d'employer seulement 5 p. 100 de viande, on en employait 25 p. 100.

La préparation des légumes au gras se fait en cuisant pendant 2 heures, dans une marmite :

Pommes de terre.	100 kilogr.
Eau, sel, herbes.	42
Graisse d'os	6

Pour donner à ces légumes les qualités de ceux cuits au bouillon, on remplace l'eau par la dissolution gélatineuse : on emploie volumes égaux de dissolution et de légumes.

Le bouillon de gélatine obtenu, la soupe se prépare en prenant :

Bouillon.	0,566 kilogr.
Pain.	0,076
Pour une portion. . . .	0,642

A Reims, la ration revient à moins de 6 centimes, et si on retranche le prix de la viande, à 5 centimes seulement.

Quand on veut préparer de la gelée, on fait subir quelques changements à la marche de l'opération.

Le cylindre chargé d'os neufs est enveloppé d'une couverture de laine, l'injection d'eau froide est suspendue et le robinet de vidange n'est ouvert que d'heure en heure, sans lui permettre toutefois de laisser échapper de la vapeur.

On obtient, à l'aide de ces précautions une dissolution plus concentrée qui peut se prendre en gelée et qu'on clarifie avec des blancs d'œufs battus; on acidifie la solution, comme nous l'avons déjà dit, avec un peu d'acide citrique.

La moyenne de onze années de travail de l'appareil de l'hôpital Saint-Louis a donné les résultats suivants, pour le rendement de 100 kilogr. d'os secs.

Gélatine.	28,204
Graisse.	7,216
Résidu osseux pouvant servir à la fabrication du noir animal. . . .	64,580
	100,000

Les os employés renferment en moyenne 30 p. 100 de gélatine et 10 p. 100 de graisse; on voit combien à l'aide de cet appareil on est près d'arriver à la limite,

Digitized by Google

et comme son rendement est supérieur à celui obtenu par les fabricants de colle-forte qui, en employant le même procédé, ne retirent en gélatine que 10 à 15 p. 100 du poids des os qu'ils emploient. La pression à laquelle ils opèrent est la principale cause de la perte qu'ils font.

L'usage de la gélatine alimentaire s'est répandu peu à peu dans un grand nombre de villes de l'Europe, en Amérique même on monta quelques appareils pour l'alimentation des classes pauvres, ou des hôpitaux, et de nombreux rapports favorables au nouvel emploi de la gélatine furent publiés et dédommagèrent M. d'Arcet des peines qu'il eut à faire partager son idée favorite. Mais dans ces dernières années la gélatine alimentaire souleva une opposition des plus vives, on lui reprocha de transmettre au bouillon une saveur fade et quelquefois repoussante, bien différente de l'odeur aromatique et de l'action stimulante que le bon bouillon exerce sur l'estomac, et qu'il doit à l'osmazôme et à l'acide qu'il a puisés dans la viande. On a également reproché à la gélatine d'être indigeste et de s'altérer facilement; enfin on a fini par dire qu'elle n'était pas nutritive. De tous ces reproches celui-ci est certainement le plus grave, les autres pouvant être atténués en grande partie; aussi l'Académie des sciences nomma-t-elle une commission pour décider la question. Tout le monde connaît les résultats obtenus par ses commissaires; les expériences qu'ils ont faites tendent toutes à démontrer que le pouvoir nutritif de la gélatine est faible.

« On se ferait très probablement, dit M. Dumas, une idée juste de ses effets, en la considérant comme propre à fournir aux dépenses de la respiration, sans avoir la faculté de fonctionner comme un véritable aliment réparateur de nos tissus, dont elle se bornerait à prévenir la destruction, et à ce dernier point de vue la gélatine jouerait un rôle fort essentiel, toutes les fois qu'on la ferait intervenir dans une alimentation trop pauvre en matières azotées. »

Le faible pouvoir nutritif de la gélatine paraît venir de ce que, toutes les fois qu'on détruit l'organisation d'une matière gélatineuse, on diminue probablement en grande partie ses propriétés nutritives.

Quoi qu'il en soit des doutes qui restent encore à cet égard, en admettant que l'emploi de la gélatine alimentaire fût abandonné, que les appareils de M. d'Arcet cessassent de fonctionner partout où on les emploie pour sa préparation culinaire, on les utiliserait encore avec avantage pour fabriquer la colle-forte. On peut dire que si l'illustre savant, que les arts et les sciences ont trop tôt perdu, s'est trompé en poursuivant pendant plus de trente années la réalisation des vues élevées de Papin, Proust et d'Arcet père, pour approprier la gélatine des os à l'alimentation de l'homme, son erreur fut celle de tous les chimistes contemporains qui partagèrent son opinion sur l'utilité de cette matière pour animaliser convenablement la nourriture des indigents; erreur qui ne fut pas sans utilité, puisqu'elle l'amena à perfectionner considérablement les procédés de Papin et à doter l'industrie de l'art d'extraire la gélatine des os par le moyen des acides, ce qui porta en France les fabriques de colle-forte au plus haut point de perfection.

F. CH. KNAB.

GÉLIVITÉ DES PIERRES. Lorsqu'une pierre est pénétrée d'une plus ou moins grande quantité d'eau, un abaissement de température suffisant peut congeler cette eau jusque dans l'intérieur de la pierre, malgré le peu de conductibilité de celle-ci pour la chaleur; et, comme la glace offre un volume notablement plus considérable que l'eau dont elle provient, l'effet qu'elle produira dans l'intérieur des pores de la pierre pourra dépasser la ténacité de celle-ci et en déterminer la rupture, ou au moins y faire naître de nombreuses fissures : on dira alors que cette pierre est plus ou moins gélive. Il est facile de comprendre que les pierres offriront sous ce rapport de très grandes différences, et qu'il est de la plus haute importance de connaître l'altération qu'elles peuvent éprouver par les variations de température auxquelles elles se trouveront naturellement soumises dans l'atmosphère, avant de les employer dans les constructions.

On peut imiter l'effet que l'eau produit en se congelant dans les pores d'une pierre par l'action d'un sel qui augmente beaucoup de volume par l'action d'une cause facile à produire; on se sert ordinairement pour cela, d'un sel efflorescent, le SULFATE DE SOUDE, susceptible de perdre de l'eau, après s'être solidifié, en acquérant un volume plus considérable que celui qu'il présentait.

A cet effet, on fait tailler des échantillons des pierres à essayer, en cubes à vives-arêtes de mêmes dimensions, que l'on plonge pendant un temps déterminé, ordinairement une demi-heure, dans une dissolution bouillante saturée à froid de sulfate de soude.

On enlève les cubes de la liqueur, on les suspend au moyen de fils de manière à ce qu'ils soient complétement isolés, et on place au-dessous de chacun d'eux un vase renfermant une portion de dissolution bien tirée à clair; après 24 heures, si le temps n'est pas trop humide ou trop froid, il s'est formé à la surface des cubes des efflorescences blanches. On plonge alors chaque pierre dans le vase inférieur, pour faire disparaître les cristaux, et on recommence autant de fois qu'il s'en forme.

Cinq jours après le commencement de l'efflorescence, on arrête l'expérience; la quantité de fragments qui se sont détachés, leur poids pris à l'état sec comparativement à celui de la pierre également sèche, et l'altération de formes que le cube a éprouvée, indiquent le degré de gélivité de la pierre soumise à l'expérience, ou de plusieurs pierres que l'on voudrait préparer.

GÉNÉRATEUR DE VAPEUR. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR.

GENIÈVRE (*angl.* gin, *all.* genever). Liqueur dont la plus estimée vient de Hollande, et qui se fabrique ainsi qu'il suit : On prépare, avec 2 parties en volume de seigle de Riga non germé, et 1 p. de malt d'orge ou *drèche*, un moût que l'on fait fermenter à la matière ordinaire, puis que l'on soumet à la distillation. On obtient ainsi une eau-de-vie de grain faible, que l'on soumet à une seconde distillation, en ajoutant dans l'alambic, 1^{k} de baies de genièvre vieilles de quatre à cinq ans, et 1/8^{e} de kilogr. environ de sel marin. La liqueur ainsi obtenue renferme environ 60 p. 100 d'alcool en volume, et possède l'odeur aromatique du genièvre. On obtient de 28 à 33 litres de genièvre par hectolitre de grain.

GÉOGNOSIE. Voyez GÉOLOGIE.

GÉOLOGIE. Lorsqu'on parcourt une certaine étendue de la surface du globe, en étudiant le sol, surtout dans les parties, telles que les escarpements, les tranchées et les excavations, où il se trouve à découvert, on ne tarde pas à reconnaître que la composition en est très variée. L'aspect des *roches* change, ainsi que la nature de leurs principes constituants, et par suite l'emploi auquel elles sont propres. Ainsi, les unes servent à la fabrication de la chaux, les autres à celle du plâtre; les unes sont assez dures pour rayer l'acier et d'autres se laissent tailler avec la plus grande facilité; il en est même qui forment avec l'eau une pâte plus ou moins liante susceptible d'être modelée à volonté.

L'étude des propriétés des substances minérales qui entrent dans la composition de la croûte terrestre, considérées en elles-mêmes, constitue la MINÉRALOGIE. La GÉOLOGIE, au contraire, considère les roches sous le rapport de leur gisement : elle comprend à la fois la description des masses minérales qui constituent toutes les parties connues de l'écorce du globe, et l'ordre de

Digitized by Google

superposition de ces masses. Elle recherche la manière d'être des minéraux utiles, afin de guider le mineur dans ses explorations et ses exploitations; enfin, elle étudie tous les phénomènes qui tiennent à la constitution du globe terrestre, pour déduire de cet examen l'histoire des révolutions dont il a été le théâtre.

Notions préliminaires de géographie physique. La terre présente la forme d'une sphère aplatie vers les pôles et renflée vers l'équateur : le rayon à l'équateur est de 6376 854 mètres, l'aplatissement est de 1/305 d'après les mesures géodésiques prises dans diverses parties du globe; on arrive au même résultat, par des observations astronomiques, en prenant pour point de départ, les inégalités du mouvement de la lune, tant en longitude qu'en latitude, ainsi qu'en admettant que la terre ait été primitivement fluide et dans les mêmes conditions de mouvement.

L'observation et le calcul ont également démontré que la densité moyenne de la terre est environ cinq fois plus grande que celle de l'eau, c'est-à-dire près du double de la densité moyenne, de l'écorce minérale qui nous est connue. Ce fait vient encore à l'appui de l'hypothèse d'une fluidité primitive et probablement générale de toute la masse du globe; car, en vertu de la gravité, les matières auront dû se ranger, les plus denses au centre, et les plus légères à la surface. C'est ainsi que nous voyons à la surface que nous habitons, l'air, l'eau et l'écorce minérale disposés concentriquement et dans l'ordre de leur densité. Nous commencerons l'examen géologique du globe en jetant un coup d'œil rapide sur la forme et la composition de ces trois couches.

Atmosphère. L'atmosphère est la couche d'air qui environne la terre, et qui renferme en outre quelques millièmes d'acide carbonique et une quantité très variable de vapeur d'eau. Cette colonne d'air faisant équilibre, au niveau de la mer, à une colonne de mercure à 0° de 0m,76 de hauteur, la hauteur totale de l'atmosphère serait seulement de 7950m si sa densité était constante; mais comme, par l'effet de la gravité, elle décroît à mesure que l'on s'élève suivant une certaine loi, cette hauteur est de 15 à 16 lieues : au-delà est le vide absolu; il en résulte qu'on ne peut supposer aucune déperdition d'eau à la surface du globe par voie d'évaporation. Les différences de température auxquelles sont soumises les diverses parties du globe, jointes au mouvement même de rotation qu'il possède, déterminent à la surface des courants atmosphériques ou vents réguliers ou irréguliers. Un vent ordinaire parcourt 2 à 3m par seconde, un vent fort 5 à 6m, un vent violent 10m, et un ouragan jusqu'à 20, 30 et 40m.

Eaux. Les eaux couvrent près des trois quarts de la surface du globe, et leur évaporation spontanée produit des vapeurs qui se répandent dans l'atmosphère et dont la condensation ultérieure donne naissance aux nombreux cours d'eau qui sillonnent l'écorce terrestre.

Écorce minérale du globe. La surface du globe est accidentée d'une manière très diverse, et il est nécessaire de donner à ce sujet quelques définitions. On donne le nom générique de *montagnes* aux aspérités saillantes de l'écorce minérale du globe : tantôt ce sont des *dômes* arrondis, tantôt des *pics* aigus et isolés, ou des groupes dentelés sous forme d'*aiguilles;* d'autre fois ce sont des crêtes en sinuosités qui sillonnent la surface sous forme de rides, ou des *plateaux* bordés par des escarpements plus ou moins rapides. Quoique ces formes soient susceptibles de varier à l'infini, les masses montagneuses un peu étendues constituent des *groupes*, et le plus souvent des chaînes, dont la structure est assujettie à des lois de symétrie, dont l'étude est d'une grande importance.

Une chaîne de montagnes est une saillie qui suit une direction déterminée, et qui se décompose généralement en plusieurs chaînons parallèles dont la hauteur va sans cesse en diminuant, à mesure que l'on s'éloigne de l'arête centrale dite cime ou ligne de partage des eaux, jusqu'à ce qu'ils se confondent avec les plaines environnantes. La cime est tantôt en forme de crête, tantôt composée de plateaux allongés. Les dépressions parallèles à la direction d'une chaîne de montagnes, constituent les vallées longitudinales, qui sont coupées à angle droit par les vallées latérales, qui descendent de la ligne de faîte et séparent les divers massifs constituants; les crêtes comprises entre ces vallées présentent elles-mêmes des dépressions moins apparentes ou gorges, qui prennent le nom de col sur la ligne de faîte de la chaîne et qui servent alors à passer d'un versant à l'autre. Il arrive quelquefois que deux ou plusieurs chaînes se coupent, ce qui rend beaucoup plus difficile l'observation des phénomènes qui se rapportent à chacune d'elles.

Les groupes de montagnes sont disposés avec plus ou moins de régularité, soit autour d'un point culminant, soit autour d'une dépression centrale, d'où divergent, en s'élargissant sans cesse, les vallées principales.

Les chaînes de montagnes forment, pour ainsi dire, le squelette des continents, et en constituent, par conséquent, le caractère le plus saillant. Quant aux pays de plaines, leurs formes sont moins nettement dessinées, et sans les variations de la végétation et du climat, il y aurait identité presque complète entre la plupart d'entre eux.

DES ROCHES. Les roches sont des minéraux simples ou des associations de minéraux qui se rencontrent en masses assez considérables dans la nature pour qu'on puisse les regarder comme des principes constituants de l'écorce du globe.

Les roches composées se distinguent des roches simples par une *structure d'agrégation*, qui indique la manière dont se groupent les minéraux qui les constituent. Cette structure est dite *granitoïde*, lorsque les roches sont formées de minéraux cristallisés, associés à peu près dans la même proportion; *porphyroïdes* lorsqu'elles sont composées d'une pâte compacte dans laquelle sont disséminés des cristaux contemporains; si, dans ces derniers cas, les cristaux isolés sont remplacés par des noyaux ou amandes de couleur différente de celle de la pâte, on dit que la roche à une structure *amygdaloïde*. Les roches composées de fragments ou de grains de roches plus anciennes, réunis par un ciment quelconque, portent le nom de roches *arénacées;* si les fragments sont anguleux, la roche est une *brèche;* lorsqu'ils sont arrondis et assez gros ils constituent par leur réunion un *poudingue* ou *conglomérat;* enfin, si les fragments sont à la fois arrondis et très petits, ils forment les *grès*, qui passent par degrés insensibles aux argiles, dans lesquelles les fragments élémentaire sont réduits à une ténuité telle que la roche produite par leur réunion devient homogène.

Cela posé, passons rapidement en revue les roches principales qui composent l'écorce du globe.

Roches granitoïdes

La plus répandue de ces roches est le *granite*, qui est formé d'un mélange de quarz, de feldspath et de mica, à l'état cristallin. Le quarz est ordinairement en grains gris ou blancs; le mica, en lames noires, brunes, vertes ou argentines; et le feldspath, blanc ou rose. Beaucoup de granites contiennent à la fois deux feldspaths de couleur différente. Lorsque l'un d'eux se présente sous la forme de grands cristaux implantés dans une pâte uniformément grenue, on dit que le granite est porphyroïde.

Le lames de mica sont quelquefois déposées parallèlement à une même direction, ce qui donne alors un

Digitized by Google

aspect rubanné à la roche, qui prend alors le nom de *granite rubanné* ou *gneiss*.

Le quarz, ordinairement en grains, se présente quelquefois en cristaux incomplets; souvent alors le mica manque complétement. Cette variété de granite porte le nom de *granite graphique* ou *pegmatite*.

L'*hyalomite* ou *greisen*, au contraire, est un granite qui ne contient presque point de feldspath.

Dans certains granites, le mica est remplacé par du talc, et porte alors le nom de *protogine*; il est quelquefois rubanné, et constitue alors du gneiss talqueux. On ne distingue guère ces roches des granits proprement dits, qu'en ce qu'elles renferment ordinairement à la fois deux feldspath, l'un blanc, et l'autre verdâtre.

Dans d'autres granites, au contraire, le mica est remplacé par de l'amphibole généralement d'un beau vert, et il y a souvent deux feldspaths blancs ou gris et rouge, ce qui donne une très belle roche qu'on désigne sous le nom de *syénite*: celle-ci peut être schisteuse, comme les granites.

Roches porphyroïdes.

Ces roches sont composées d'une pâte feldspathique ordinairement rougeâtre et de cristaux de feldspath; il arrive souvent que la pâte contient un peu d'amphibole, ce qui la rend verdâtre.

Lorsque la pâte, outre les cristaux de feldspath, renferme des grains, et le plus souvent des cristaux bipyramidés de quarz, la roche prend le nom de *porphyre quarzifère*. La pâte devient quelquefois terreuse, et le porphyre prend alors le nom de *porphyre argileux*. Lorsque les porphyres ne contiennent pas de cristaux, ils passent au *feldspath compacte* ou *pétrosilex*. Quelquefois la pâte prend un éclat résineux, et constitue alors le *feldspath résinite* ou *pechstein*.

Roches trachytiques.

Ces roches sont composées de *feldspath vitreux* ou *ryakolite*, en petits cristaux, formant une pâte âpre au toucher et remplie de cellules tapissées de petits cristaux, et souvent associée à du *feldspath albite*.

La présence du quarz dans les trachytes donne des *porphyres trachytiques* analogues aux porphyres quarzifères.

La *dômite* est un trachyte à grains très fins, friable et très âpre au toucher, qui forme une partie des dômes de l'Auvergne.

Les terrains trachytiques sont associés, dans quelques localités, avec des roches vitreuses, grises ou verdâtres, et globuleuses, qui portent le nom de *perlites* ou *perlstein*, et à une roche vitreuse d'un vert-noirâtre très foncé dite *obsidienne*; la *pierre ponce* est de l'obsidienne devenue fibreuse par le passage d'une multitude de bulles qui l'ont traversée verticalement.

Enfin, on doit encore rapporter aux roches trachytiques le *phonolite*, roche à la fois tabulaire et schisteuse, à cassure esquilleuse, remarquable par sa grande sonorité sous le marteau.

Roches amphiboliques.

Diorite. Cette roche est composée d'amphibole vert ou noir, et d'albite lamelleuse fréquemment en cristaux maclés, qui présentent toujours alors un angle rentrant, que l'on aperçoit aisément en faisant miroiter un morceau de cette roche à la lumière, ce qui la fait aisément reconnaître. Quelquefois les cristaux d'amphibole et d'albite sont disséminés dans une pâte compacte, verdâtre, et constituent alors le *porphyre dioritique*. Les *ophites* appartiennent presque tous à cette dernière classe; il en est de même d'un grand nombre d'amygdaloïdes et de variolites, qui sont réellement des *diorites amygdaloïdes*.

Lorsque les cristaux d'albite disparaissent, les diorites passent aux *amphibolites*, qui sont le plus généralement schisteuses. Les amphibolites compactes prennent le nom de *cornéennes* ou d'*aphanites*.

Roches pyroxéniques.

Ces roches sont composées de pyroxène vert ou noir, et de feldspath chatoyant ou labrador; la *therzolite* est seule formée exclusivement de pyroxène, d'un vert assez clair, à cassure esquileuse.

La *dolérite* est un mélange de labrador et de pyroxène, offrant une structure granitoïde. Les dolérites porphyroïdes portent le nom de *mélaphyres*. Les *basaltes* diffèrent des mélaphyres, en ce que la pâte ne renferme pas de cristaux isolés de labrador, et sont ordinairement caractérisés par la présence de grains cristallins de *péridot* d'un jaune verdâtre.

Les *trapps* sont des roches compactes et noirâtres comme les basaltes, mais dont les éléments sont indiscernables.

Roches hypersthéniques, diallagiques, etc.

L'*hypérite* est une roche de labrador et d'hypersthène.

L'*euphotide* est une roche de diallage et de feldspath tenace ou jade.

La *serpentine* seule forme souvent des masses considérables dans le sein de la terre.

Roches micacées.

La principale est la *micaschiste*, roche schisteuse composée de mica et de quarz, qui passe par des transitions insensibles au gneiss.

Roches talqueuses.

La plus importante est le *schiste talqueux*, composé de quarz et de talc; elle est souvent associée à des roches verdâtres qui portent le nom de *chlorites*, *pierre ollaire*, etc.

Roches de quarz.

Le quarz compacte ou *quarzite* forme des couches puissantes dans certains terrains; lorsqu'il est noir, il constitue le *quarz lydien* ou *kieselschiefer*.

Le *quarz silex* se trouve surtout en rognons, disposés en forme de couches, dans les terrains de craie.

Roches calcaires.

Ces roches très répandues dans la nature constituent un grand nombre de variétés, et sont composées de chaux carbonatée pure ou mélangée de substances diverses; les principales sont les suivantes :

Calcaires saccharoïdes ou *marbres*. Ces calcaires, généralement blancs ou peu colorés, doivent leur état cristallin à un métamorphisme dû à l'action de roches ignées d'origine postérieure.

Calcaires compactes. Ces roches très abondantes, qui fournissent des marbres d'ornement, des pierres lithographiques, etc., ont tantôt une cassure esquilleuse et conchoïde, tantôt une cassure terreuse, et sont fréquemment colorés en jaune, en rouge, en gris ou en noir, par des oxydes de fer ou des matières bitumineuses.

Calcaires oolithiques. Ces calcaires, fort abondants dans certaines formations secondaires, doivent leur nom à leur structure, qui se compose de petits grains ronds soudés ensemble et fort analogues à des œufs de poisson.

Calcaires crayeux. Calcaires blancs terreux, qui se rencontrent en abondance dans la plus récente des formations secondaires.

Calcaires siliceux. Ces calcaires blancs, compactes,

Digitized by Google

à cassure conchoïde, sont abondants aux environs de Paris.

Calcaires bitumineux. Calcaires compactes, terreux, d'un brun plus ou moins foncé, exhalant une forte odeur de bitume.

Calcaires marneux. Calcaires mélangés d'argile, ayant l'aspect terreux, et se dilatant facilement; ils passent aux *marnes*, lorsqu'ils contiennent environ moitié de leur poids d'argile.

Toutes ces roches donnent à froid une vive effervescence avec les acides minéraux.

Dolomie. Carbonate double de chaux et de magnésie. (Voyez CARBONATE.)

Roches de chaux sulfatée.

La chaux sulfatée hydratée ou *gypse*, ainsi que la chaux sulfatée anhydre ou *anhydrite*, se rencontrent en masses considérables dans certains terrains.

Roches diverses.

Le *sel gemme*, les *minerais de fer* et les *combustibles minéraux*, se rencontrent, dans certains terrains et dans certaines localités, en couches puissantes, et constituent alors de véritables roches.

Laves.

La composition n'est pas la seule circonstance qui imprime aux masses minérales des caractères assez nets et assez constants pour mériter un nom particulier. Quelquefois certains modes de formation communiquent aux roches un caractère indélébile, quelle que soit, du reste, leur composition.

Les roches volcaniques et les roches arénacées sont dans ce cas.

Les laves, sorties du sein de la terre à l'état liquide, et qui se sont répandues sur les contreforts des volcans en nappes généralement assez minces, sont, par leur nature, bulleuses, scoriacées, étirées, quelquefois même tordues. Quand elles sont très bulleuses, on les appelle *scories;* on les désigne sous le nom de *lapilli*, lorsqu'elles sont en petits fragments, et sous celui de *cendres*, quand elles sont en poussière fine.

Roches arénacées.

On donne, comme nous l'avons dit, le nom de roches arénacées à celles formées par la réunion de fragments anguleux ou roulés, cimentés entre eux par une pâte, en général, d'une nature différente de celle des fragments et toujours postérieure. Ce sont des *brèches*, lorsque les fragments sont anguleux; des *poudingues*, lorsqu'ils sont arrondis et d'une certaine grosseur; des *grès*, lorsque les fragments sont à l'état de petits grains; et enfin, des *argiles*, lorsque les éléments en sont tellement ténus que la roche a une apparence homogène. Les grès micacés ont une texture schisteuse et portent le nom de *psammites*.

On donne le nom de *conglomérats* ou de *tufs* à des sortes de poudingues composés de galets de roches ignées empâtés, soit dans des débris plus ténus, soit même dans la masse ignée qui s'est refroidie.

Les principales roches arénacées sont les suivantes :

Grauwacke. Roche des terrains de transition formée par la réunion de fragments de roches anciennes, quarz, granite, porphyre, schistes argileux et micacé, etc., et d'un ciment ordinairement grisâtre composé tantôt de schiste argileux, tantôt d'argile; le plus ordinairement, elle est à grains fins. Quoique la grauwacke soit généralement grise, comme l'indique son nom, on en trouve aussi de rouge. Cette roche renferme souvent assez de mica pour devenir schisteuse.

Grès houiller. Le grès houiller est analogue à la grauwacke; il est seulement à grains plus grossiers, et son ciment est toujours terreux. Il passe par gradations insensibles à des argiles schisteuses et à des schistes bitumineux.

Grès rouge. Ce grès, très abondant dans la formation à laquelle il a donné son nom, se compose de galets de roches anciennes empâtées dans un ciment argileux et sablonneux, coloré par de l'oxyde rouge de fer; il est presque constamment associé à des porphyres rouges quarzifères.

Grès bigarré. Ce grès à grains fins, renfermant quelquefois des noyaux assez gros de quarz, est ordinairement bigarré de rouge et de gris-verdâtre; le ciment est sablonneux et ferrugineux.

Grès vert. Ce grès, composé de grains siliceux réunis par un ciment le plus souvent calcaire ou marneux, et placé à la partie inférieure des formations crétacées, est remarquable par la grande quantité de points verts qu'il renferme, ce qui lui avait fait donner autrefois, par erreur, le nom de craie chloritée.

Grès de Fontainebleau. Ce grès, placé à la séparation des terrains tertiaires inférieur et moyen, est composé de grains siliceux réunis par un ciment calcaire ou siliceux : dans ce dernier cas le grès est trop dur pour être aisément débité et par suite n'est pas employé au pavage.

Molasse. Roche des terrains tertiaires supérieurs, composée de galets de quarz, de paillettes de mica, de particules d'argile, et enfin, de débris et de moules de coquilles, agglomérés par un ciment calcaire. En Suisse, cette roche passe fréquemment à un poudingue dont les galets sont assez gros; la pâte de cette roche étant peu solide, elle se désagrège à la surface, et les galets présentent une série de proéminences saillantes, ce qui a fait donner au poudingue dont il s'agit le nom de *nagelflue*, par sa comparaison avec une muraille garnie de clous.

Arkose. On a donné ce nom à un grès composé d'éléments de feldspath et de quarz, intercalé, dans une position constante, à la séparation des terrains cristallins et des terrains sédimentaires.

Argiles et marnes.

Les argiles et marnes étant le produit de dépôts boueux, on conçoit que ces substances doivent exister dans presque tous les terrains; elles succèdent aux grès, dont elles sont toujours une conséquence. On distingue spécialement, parmi les marnes :

Les *marnes irisées*, qui se lient au grès bigarré, et sont, comme cette roche, caractérisées par une grande variété de couleurs.

Les *marnes du lias*, en général très bitumineuses, sont fortement colorées en noir.

Il en est souvent de même des marnes appelées, à tort, *argile d'Oxford* et *argile de Kimmeridge*.

Les *marnes d'eau douce*, abondantes dans les terrains tertiaires, alternent avec les calcaires d'eau douce.

Parmi les argiles, on doit indiquer l'argile plastique et l'argile wealdienne.

L'*argile plastique*, placée à la séparation des terrains crétacés et des terrains tertiaires, a été désignée sous ce nom parce qu'elle fournit généralement une bonne terre pour la poterie. Cette formation argileuse contient une grande quantité de lignites, souvent assez abondants pour être exploités.

L'*argile wealdienne*, placée à la base du terrain crétacé, est souvent d'excellente qualité pour la fabrication des poteries.

Pour les minéraux qui entrent dans la composition des roches, nous renverrons aux articles ARGILE, CALCAIRE, CARBONATES, COMBUSTIBLES, GANGUES, MINÉRALOGIE, SEL-GEMME, SILICATES, et au nom de chaque métal en particulier.

Digitized by Google

DIVISION DES TERRAINS EN TERRAINS SÉDIMENTAIRES ET EN TERRAINS IGNÉS. Un premier coup d'œil jeté sur la composition de l'écorce minérale du globe, permet de distinguer deux classes de roches, différentes à la fois par leur nature et par la forme des masses.

Les premières, d'une composition chimique généralement simple, telles que les calcaires, les grès, les argiles, se présentent en couches régulières, subdivisibles en assises plus ou moins épaisses. Leur nature et leur stratification dénotent évidemment l'action sédimentaire des eaux; en effet, les unes composées de sables libres ou agglutinés, de fragments hétérogènes et roulés, retracent leur action mécanique; les autres, tels que les calcaires, de même nature que les dépôts actuellement formés par les sources minérales, retracent leur action chimique, et durent nécessairement avoir été déposées au fond d'un liquide qui les tenait en dissolution. Cette première classe de roches a été désignée sous le nom de roches *sédimentaires* ou *stratifiées;* on y trouve souvent des débris organiques, animaux ou végétaux, réduits à l'état fossile, c'est-à-dire dont la substance a été remplacée par des substances minérales.

La seconde classe comprend des roches analogues par leurs caractères minéralogiques et par la forme des masses qu'elles constituent, aux laves émises par les volcans. Ces roches sont cristallines, rarement stratifiées, et affectent des formes massives; elles renferment des minéraux que l'on retrouve non seulement dans les produits volcaniques, mais encore dans les fourneaux de nos usines : quelquefois elles ont produit, à leur contact avec les roches qu'elles traversent, des altérations identiques à celles qui résultent d'une forte chaleur; en un mot, il existe entre les diverses roches de cette classe une série de passages minéralogiques, de relations de forme et de structure, qui ne permet pas de douter qu'elles ne résultent des phénomènes analogues. On les désigne sous les noms de roches *cristallines*, roches *non stratifiées*, roches *ignées* ou *d'épanchement*.

Les dépôts sédimentaires sont assez généralement horizontaux; cependant on les voit en beaucoup de contrées disloqués et inclinés; de plus, leur élévation dans beaucoup de chaînes de montagnes démontre qu'ils ont été nécessairement soulevés. Ces soulèvements de certaines parties du globe ne purent avoir lieu sans perturbations dans la distribution des eaux, se lient en outre à des éruptions ignées, de sorte qu'il y a en géologie trois séries de faits très distincts, qui ont marché de front pendant tous les âges géognostiques; ce sont : 1° les dépôts par sédimentation; 2° les émissions de roches ignées; 3° les soulèvements ou oscillations de la croûte du globe.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES.

Le caractère spécial et distinctif des terrains de la série sédimentaire est la stratification, c'est-à-dire la configuration en couches, lesquelles sont ordinairement subdivisées en assises ou lits, distincts par des variations de couleur, de texture ou de composition, et dont les plans de séparation sont parallèles à ceux de la couche elle-même. Cette stratification est un fait inhérent à l'origine des terrains sédimentaires; car un dépôt fait dans les eaux, soit par précipitation mécanique de matières tenues en suspension, soit par précipitation chimique, doit nécessairement avoir lieu par lits successifs et parallèles.

Une condition non moins essentielle des dépôts sédimentaires, quoiqu'elle semble moins évidente, est l'horizontalité des couches.

Donc, toutes les fois que la stratification d'un dépôt sédimentaire sera sensiblement inclinée, ce dépôt aura été dérangé de sa position première.

Le fait de ces dislocations résulte d'ailleurs des divergences qui se manifestent souvent dans la stratification des masses sédimentaires. Ainsi, lorsque les plans de séparation des diverses couches sont tous parallèles, la stratification est dite *concordante*, et l'on peut supposer l'ensemble déposé dans les mêmes mers; mais lorsque l'on voit cet ensemble naturellement divisé en bandes distinctes par les directions différentes que suivent les plans des couches, inclinés tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, tantôt divisés et contournés, la stratification est dite *discordante*, et l'on doit nécessairement admettre que ces divers dépôts discordants ont été séparés les uns des autres par des mouvements de la croûte du globe, c'est-à-dire qu'ils appartiennent à des formations distinctes.

La silice, le calcaire et l'argile, tantôt purs, tantôt mélangés entre eux, constituent la presque totalité des dépôts sédimentaires; ces couches alternent avec des roches de transport ou d'agrégation, et quelques autres substances beaucoup moins répandues, telles que le carbone, le gypse et certains minerais de fer.

Une composition aussi simple semble s'opposer à la distinction des divers terrains sous le rapport minéralogique. Il est cependant des caractères différents pour une même roche, dans ses diverses positions géognostiques; caractères faciles à saisir, lorsqu'on considère l'ensemble d'un terrain, en faisant abstraction de toutes les exceptions de détail. Ainsi les calcaires inférieurs, compactes, esquilleux, saccharoïdes, souvent caractérisés par la présence du mica, du diallage, du carbone, etc., sont distincts des calcaires compactes, lithographiques, oolitiques, crayeux, des formations suivantes, qui eux-mêmes ne peuvent être confondus avec les calcaires grossiers, siliceux ou marneux des terrains de sédiment supérieurs. Les argiles indelayables, etc., les grauwackes des premiers dépôts sédimentaires, n'ont aucune analogie avec les argiles onctueuses et plastiques des dépôts récents.

La présence et l'abondance du carbone, du sel gemme, de la chaux sulfatée, etc., donnent souvent des indications très précises sur l'âge et la nature du terrain qui les renferme. Enfin, la puissance même d'une formation et ses subdivisions naturelles peuvent conduire au même résultat. En un mot, il faut rarement se fier aux caractères minéralogiques considérés isolément; mais l'ensemble de ces caractères suffit quelquefois pour faire reconnaître un terrain.

Les débris organiques que renferment si souvent les dépôts sédimentaires sont d'un secours puissant dans les explorations géologiques. Le nombre des fossiles que l'on peut désigner sous le nom de caractéristiques, c'est-à-dire qui appartiennent exclusivement à une formation, est, il est vrai, très restreint. Mais il en est des fossiles comme des caractères minéralogiques, et c'est plutôt en considérant leur ensemble qu'on peut arriver à de justes appréciations. Ainsi, en comparant les listes de fossiles trouvées dans un terrain dont la position géognostique est incertaine, avec celles qui ont été faites pour des terrains bien déterminés, il est rare qu'on ne puisse reconnaître son rang dans la classification. Cette méthode ne pourrait guère être employée sur place par un observateur; mais il trouve quelquefois son équivalent dans certains fossiles, dont l'abondance est caractéristique, bien qu'ils ne le soient pas eux-mêmes.

Du reste, la superposition et la continuité des couches sont les seules règles de détermination que l'on puisse regarder comme infaillibles pour les formations sédimentaires. Les caractères minéralogiques et zoologiques ne viennent qu'après; mais s'ils sont nettement tranchés et d'un accord constant dans leurs indications, il en résulte des données que l'on peut également considérer comme certaines.

Digitized by Google

Une *formation sédimentaire*, d'après ce qui a été dit précédemment, est l'ensemble des couches déposées dans l'intervalle de deux révolutions.

Les caractères distinctifs d'une formation indépendante sont :

1° Les caractères de gisement et de stratification; une formation indépendante pouvant reposer presque indifféremment sur toutes celles qui l'ont précédée, et présentant avec elles, ainsi qu'avec celles qui l'ont suivie, des discordances de stratification plus ou moins fréquentes.

2° Les caractères de composition; car, malgré les nombreuses anomalies qui peuvent exister, une formation a presque toujours des caractères de composition qui lui sont propres, soit qu'ils résultent de la nature même des roches constituantes ou de substances accidentelles, surtout si on la considère dans des contrées assez rapprochées.

3° Les caractères organiques, soit qu'ils résultent de la présence de certains fossiles qui seront tout à fait propres à cette formation, ou qui s'y trouveront avec une profusion remarquable, soit de l'absence totale de ceux qui caractérisent les formations voisines.

Généralement, deux formations superposées seront distinctement séparées, même lorsque leur stratification sera concordante, si elles ne se suivent pas immédiatement dans l'échelle géognostique, de telle sorte qu'il y ait entre elles une lacune. On voit, dans ce cas, les caractères précités se modifier, à partir d'une ligne nettement déterminée; mais il n'en est pas ordinairement ainsi pour deux formations qui se suivent immédiatement. On voit alors les couches supérieures de l'une alterner avec les couches inférieures de l'autre, les caractères minéralogiques et zoologiques se fondre et se modifier graduellement, de telle sorte qu'il n'y a changement complet qu'en faisant abstraction d'un ensemble de couches plus ou moins puissant. En un mot, lorsque deux formations consécutives se sont superposées sans qu'il y ait discordance dans leur stratification, il y aura très souvent passage de l'une à l'autre.

Les formations se subdivisent en étages, qui peuvent différer entre eux par une composition tout à fait distincte, ou seulement par le développement plus ou moins grand de certaines roches. Ces étages peuvent se diviser eux-mêmes en assises et les assises en couches.

La dénomination de *terrain* a une acception plus étendue que celle de formation. Un terrain peut en comprendre plusieurs qui seront réunies entre elles par des analogies plus ou moins prononcées, de telle sorte que les terrains représenteront les grandes unités, c'est-à-dire les intervalles écoulés entre les grandes révolutions du globe; tandis que les formations qui subdivisent ces intervalles seront isolées entre elles par des révolutions qui, sans modifier aussi complétement la configuration des mers et des masses continentales, auront cependant amené des discordances de stratification, la génération de roches différemment caractérisées, et des changements notables dans la série organique.

L'observateur qui parcourt une contrée où la série des terrains sédimentaires est très développée, doit d'abord bien reconnaître les caractères et les limites des formations les mieux caractérisées, afin de pouvoir ensuite déterminer de proche en proche les formations qui se trouvent au-dessus et au-dessous de ces horizons géognostiques.

En considérant toute la série sédimentaire pour y établir les plus larges subdivisions, deux terrains paraissent plus propres que tous les autres pour remplir ce rôle d'horizons géognostiques. D'abord, le terrain houiller, caractérisé par une très grande abondance de carbone, par un grand développement de roches arénacées et par des débris organiques, surtout des végétaux, très nombreux et très distincts. Ce terrain, étant généralement exploité, est d'ailleurs mieux connu qu'aucun autre, et les discordances de stratification qui l'isolent presque constamment des terrains inférieurs et supérieurs, le désignent en outre comme placé entre deux des principales révolutions du globe. Vient, en second lieu, le terrain crétacé, terrain à la fois très développé et très bien caractérisé sous le rapport minéralogique et zoologique. Les caractères tranchés de ces deux terrains ont déterminé, dès la naissance de la géognosie, la subdivision des terrains sédimentaires en terrains de *transition*, terrains *secondaires* et terrains *tertiaires*.

La série des *terrains de transition*, qui comprend tous les terrains inférieurs au terrain houiller, est principalement composée de schistes, de roches d'agrégation et de calcaires cristallins, qui prennent souvent les couleurs sombres et la structure schisteuse qui semblent caractériser la majorité de ces dépôts. Les êtres organiques commencent à se développer dans cette période, et l'on y voit, outre de nombreux végétaux, des animaux placés tout à fait au bas de l'échelle organique; tels sont les encrines, les productus, les trilobites, les nautiles, les orthocères, etc.... Les dépôts sont en outre remarquables par les dislocations et les contournements qu'ils ont éprouvés; caractère, d'ailleurs, bien naturel, puisque étant les plus anciens, ils durent nécessairement être affectés par toutes les oscillations qui ont eu lieu pendant les périodes suivantes.

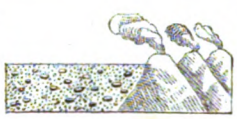
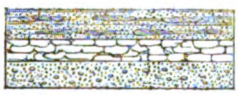
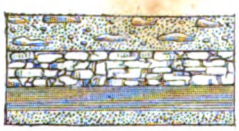
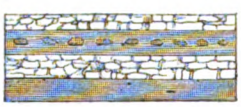
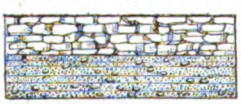
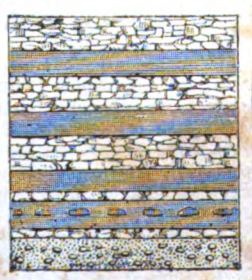
La série des *terrains secondaires* embrasse tous les dépôts compris entre la limite inférieure du terrain houiller et la limite supérieure du terrain crétacé : c'est la série la plus puissante et la plus variée. Les grès, les calcaires, les argiles, en forment presque toute la masse, et les minerais de fer, le gypse, le sel, y constituent des couches et des amas dont l'abondance est souvent caractéristique. Beaucoup de fossiles, tels que les ammonites, les bélemnites, les gryphées, etc., naissent et finissent avec cette période, pendant laquelle on voit se développer les animaux vertébrés.

La série des *terrains tertiaires*, qui comprend tous les dépôts supérieurs au terrain crétacé, se compose aussi principalement de calcaire, de grès et d'argile, mais on y remarque la diminution graduelle de l'influence des agents chimiques. Les roches sont moins compactes; les couches ont plus souvent conservé leur horizontalité; enfin, les débris organiques y sont encore plus nombreux et plus variés que dans la série précédente. On y voit paraître les mammifères représentés, tantôt par des animaux qui n'existent plus, tels que les anoplotherium, les palæotherium, les mastodontes, etc.; tantôt par des analogues aux espèces actuelles, tels que les éléphants, les rhinocéros, les hyènes, les ours, etc.: le nombre des coquilles marines et fluviatiles y est prodigieux, et elles ne présentent que peu d'analogie avec les coquilles secondaires. Les cérites, les turritelles, les cythérées, les planorbes, les lymnées, etc., sont les plus caractéristiques.

Les dimensions de cet ouvrage ne nous permettent pas d'entrer dans les détails de description de chacun de ces terrains en particulier, pour lesquels nous renvoyons aux ouvrages spéciaux, et nous nous contenterons d'en présenter un résumé dans le tableau suivant, dans lequel nous intercalerons, entre chaque formation, les soulèvements qui ont marqué la limite de chacune d'elles. Ce tableau indiquera alors, à la fois, la position relative des terrains, l'époque de l'arrivée au jour des différents systèmes de montagnes, et la direction des couches de sédiment qui ont été relevées.

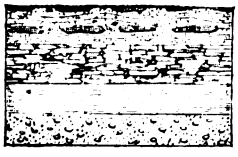
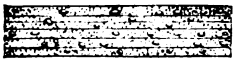
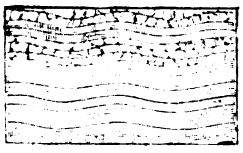
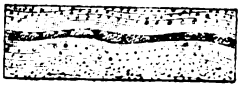
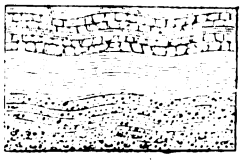
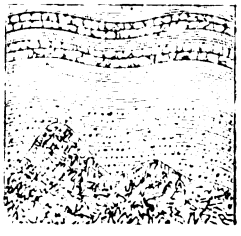
Digitized by Google

TABLEAU GÉNÉRAL DES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES.

ORDRE.	Sous-groupe de Formations.	FIGURES 1082 A 1088.	NOMS DES FORMATIONS.
ALLUVIONS.	L'homme existe sur la surface du globe.		*Terrains d'alluvion*, volcans modernes éteints et brûlants : les grands volcans des Andes ont été soulevés pendant cette période. Les alluvions sont généralement des sables et des cailloux roulés, en couches irrégulièrement stratifiées et meublées.
			XII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DE LA CHAINE PRINCIPALE DES ALPES. DIRECTION E. 16°. N.
TERRAINS TERTIAIRES.			*Terrain tertiaire supérieur*, terrains subapennins, molasse, nagelflue, sables des landes, alluvions anciennes de la Bresse, tuf à ossements de l'Auvergne. Les éruptions de trachytes et de basaltes correspondent, en grande partie, à cette époque.
			XI. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES ALPES OCCIDENTALES — DIRECTION N. 26°. E.
	Les mammifères commencent à paraître à la partie inférieure de ce groupe et deviennent très abondants vers son milieu.		*Terrains tertiaires moyens.* Faluns, dépôts arénacés marins, tantôt sableux et renfermant une multitude de coquilles en partie brisées, tantôt réunies par un ciment calcaire, et qui couvrent une partie de la Touraine et de la Loire-Inférieure. Calcaire d'eau douce avec meulières : contient beaucoup de lignites dans le midi de la France et en Allemagne. Grès de Fontainebleau.
			X. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES ILES DE CORSE ET DE SARDAIGNE. DIRECTION N.-S.
			*Terrains tertiaires inférieurs.* Marnes avec gypse, ossements de mammifères. Calcaire grossier, pierre de taille de Paris. Argile plastique, lignites du Soissonnais.
			IX. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DE LA CHAINE DES PYRÉNÉES ET DE CELLE DES APENNINS — DIRECTION E. 18°. S.
			*Craie supérieure.* Couches avec silex. Couches sans silex.
	Terrains ou formations crétacées.		VIII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU MONT VISO — DIRECTION N.-N.-O. à S.-S.-E.
			*Craie inférieure.* Craie-tuffeau. Grès vert. Grès et sables ferrugineux, terrain néocomien, formation wealdienne.
			VII. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU MONT PILAS, DE LA CÔTE D'OR, DES CÉVENNES ET DE L'ERZGEBIRGE — DIRECTION E. 40°. N.
TERRAINS TERTIAIRES.	Terrains de calcaire du Jura. Abondance considérable de Sauriens. Calcaire oolithique.		*Étage supérieur.* Calcaire de Portland. Argile de Kimmeridge, argile de Honfleur. *Étage moyen.* Oolithe d'Oxford, calcaire de Lisieux, coral-rag. Argile d'Oxford, argile de Dives. *Étage inférieur.* Corn-brash et forest-marble (calcaire à polypiers), grand oolithe (calcaire de Caen), fuller's-earth (banc bleu de Caen), oolithe inférieur. Marnes et calcaires à bélemnites, marnes supérieures du lias, lignites dans les départements du Tarn et de la Lozère. *Lias ou calcaire à gryphites.* Calcaire à gryphées arquées. Grès du lias, ou infraliasique, dolomies.

Digitized by Google

Suite du Tableau général des formations sédimentaires.

ORDRE.	Sous groupe de Formations.	FIGURES 1089 A 1095.	NOMS DES FORMATIONS.
			VI. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU THURINGERWALD, DU BOEHMERWALD-GEBIRGE ET DU MORVAN — DIRECTION O. 40°. N.
TERRAINS SECONDAIRES.	Trias ou Keuper.		*Marnes irisées* avec un amas de gypse et de sel. Exploitation des lignites en Alsace, en Lorraine et dans la Haute-Saône. *Muschelkalk*, calcaire compacte, grisâtre, souvent fétide, magnésien et très coquillié. *Grès bigarré*.
			V. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES BORDS DU RHIN — DIRECTION N. 21°. E.
	Terrain pénéen. Le zechstein et le grès des Vosges n'existent jamais ensemble.		*Grès des Vosges*, ne renfermant pas de débris organiques.
			IV. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES PAYS-BAS ET DU PAYS DE GALLES DIRECTION E. 5°. S.
			*Zechstein* (calcaire magnésien des Anglais), schistes marne-bitumineux, à poissons du Mansfeld, riches en cuivre. *Grès rouge*, contient des masses de porphyre et des rognons d'agate.
			III. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU NORD DE L'ANGLETERRE — DIRECTION S. 5°. E.
			*Terrain houiller.* Grès, schistes, avec couches de houille et fer carbonaté. Calcaire carbonifère, ou calcaire bleu, avec couches de houille.
TERRAINS DE TRANSITION.	Ce groupe est caractérisé par la grande abondance de cryptogames vasculaires et par l'absence presque complète des plantes dicotylédones; les animaux vertébrés n'y sont représentés que par quelques empreintes de poissons.		II. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DES BALLONS (VOSGES) ET DES COLLINES DU BOCAGE (CALVADOS) — DIRECTION E. 15°. S.
			*Terrain de transition supérieur.* Vieux grès rouge des Anglais. (Système Devonien.) Anthracites de la Sarthe et des environs d'Angers.
			*Terrain de transition moyen.* Calcaire des environs de Brest, calcaire de Dudley. Schistes (ardoises d'Angers). Grès quarzite, caradoc sandstone des Anglais. (Système Silurien.)
			I. SYSTÈME DU SOULÈVEMENT DU WESTMORELAMD ET DU HUNDSRÜCK DIRECTION E. 25°. S.
			*Terrain de transition inférieur.* Calcaire compacte esquilleux. Schiste argileux. (Système Cambrien.)
TERRAINS GRANITIQUES.			Granite formant la base principale de la croûte du globe.

Digitized by Google

TERRAINS IGNÉS.

Les roches ignées, quelle que soit leur homogénéité apparente, sont généralement cristallines et composées de divers minéraux soumis à certaines lois d'association. Ces minéraux sont le feldspath, le pyroxène, l'amphibole, le quarz, le mica, l'amphigène, la serpentine, le péridot et le fer oxydé souvent titanifère.

Ces divers minéraux sont soumis, dans leurs associations, à des affinités et à des antipathies qui paraissent tantôt inhérentes à leur nature, et qui, d'autres fois, semblent résulter de l'état particulier du globe à certaines époques. Ainsi, par exemple, le quarz, si abondant dans les granites, l'est beaucoup moins dans les porphyres ; il est très rare dans les trachytes et nul dans les laves modernes. Or, si l'on observe que cette diminution graduelle du quarz dans les roches ignées feldspathiques, coïncide précisément avec leur ordre géognostique, on sera directement conduit à conclure que l'état géogénique du globe fut tel, relativement aux roches ignées, qu'il tendait à l'élimination du quarz : la répulsion constante qui existe entre l'amphibole et le pyroxène, paraît aussi dériver de causes analogues.

Quant aux affinités et aux antipathies purement minéralogiques, on peut citer l'association si fréquente du fer oxydulé et des roches serpentineuses, celle qui existe entre le péridot et les pyroxènes de la formation basaltique, tandis que ce péridot est constamment éliminé par la présence du feldspath. L'exclusion du feldspath par l'amphigène dans une partie des laves modernes, l'abondance du mica dans les granites, tandis que les syénites en contiennent beaucoup moins, les pétrosilex et les trachytes si peu, sont de nouveaux exemples, que l'on pourrait augmenter encore. On s'explique, d'après ces lois d'association, comment il se fait que le nombre des roches soit si peu considérable, relativement à celles dont on pourrait supposer l'existence.

Les formes qu'affectent les roches ignées sont généralement massives ; elles présentent peu de lignes de stratification. Souvent elles constituent seules les agglomérations montagneuses, en forme de groupes ou de chaînes, mais plus souvent encore elles ne constituent qu'une partie de ces contrées, soit qu'elles en couronnent les crêtes, soit qu'elles apparaissent au pied des montagnes, comme sur leur fracture d'élévation.

Leurs masses, tantôt agglomérées, tantôt entassées, se lient presque toujours, par leur distribution, aux grands accidents du sol. Quant aux détails de leurs formes, ils dépendent en grande partie de leur position. Les masses isolément superposées à la surface du sol, affectent tantôt celle de dômes arrondis, tantôt celle de murailles crénelées et dentelées, suivant la nature de la roche. Les formes plates et affaissées, celles de coulées plus ou moins morcelées, couronnant des sommités d'une autre composition, sont également très fréquentes. Lorsque les masses ignées sont engagées dans les terrains préexistants, elles se présentent ordinairement sous forme de filons ou masses qui coupent la stratification, dont la puissance peut varier depuis quelques décimètres jusqu'à des centaines de mètres ; leurs affleurements, tantôt difficiles à suivre, se prolongent quelquefois, sous forme de hautes murailles, sur plusieurs lieues de longueur. On les voit encore en masses intercalées dans le sens de la stratification, tantôt si régulièrement qu'on les prendrait pour une couche sédimentaire, tantôt avec des renflements, des étranglements et des ramifications qui annoncent leur intercalation postérieure.

Quelle que soit du reste la position de ces masses ignées, les détails de leur forme fournissent généralement des données sur leur mode d'émission et sur leur fluidité primitive. Ces appréciations hypothétiques jettent un intérêt tout particulier sur cette classe de terrains ; elles conduisent à la connaissance de leurs phénomènes géognostiques. Quant à leur classification géognostique, elle ne peut guère s'obtenir que par l'étude des rapports qu'ils présentent avec la série des terrains sédimentaires.

En effet, les terrains ignés sont beaucoup plus remarquables par la forme et la hauteur de leurs masses que par leur étendue superficielle. Il en résulte que l'on a rarement des exemples de superposition entre eux, pour constater leur âge relatif ; et comme d'ailleurs les diverses parties d'un même terrain ne sont pas contemporaines, leur âge absolu ne peut être déterminé que comparativement aux dépôts sédimentaires.

Les roches des deux séries se trouvent souvent en contact, et cependant l'on pourra, dans beaucoup de cas, parcourir des contrées très étendues, sans que les dépôts sédimentaires présentent d'interruptions. Ces contrées sont celles dont les surfaces planes sont formées de dépôts assez récents, et qui n'ont subi que des dérangements peu considérables. Mais lorsque les dépôts sédimentaires auront été fortement accidentés, de manière à donner naissance à des chaînes ou des groupes de montagnes, il y aura presque toujours certitude de roches ignées.

La présence des roches ignées est donc intimement liée aux bouleversements qu'a subis le sol. Dans le cas de soulèvement d'une chaîne de montagnes à travers une série plus ou moins compliquée de dépôts, elles constitueront souvent l'axe central, qui se trouvera ainsi l'axe minéralogique de la chaîne, les terrains se montrant dans le même ordre sur chaque versant. D'autres fois, les masses ignées se présenteront alignées au pied de la chaîne ; mais dans ce cas il y aura grande probabilité que leur sortie ne sera pas contemporaine du soulèvement, et qu'elle n'aura eu lieu qu'à la faveur de mouvements postérieurs. Dans l'un et l'autre cas, la direction de ces masses sera parallèle à la direction de la chaîne, c'est-à-dire à la direction des couches sédimentaires.

Si le soulèvement, au lieu d'avoir eu lieu suivant une ligne droite, n'a affecté qu'un seul point de l'écorce minérale du globe, les dépôts sédimentaires superposés auront été soulevés vers ce point central, vers lequel elles convergeront. Mais n'ayant point assez d'élasticité pour se prêter à la dilatation qu'exige un tel bombement du sol, les couches se sont généralement rompues, laissant dans ce centre une cavité circulaire, que l'on est convenu d'appeler *cratère de soulèvement*. C'est dans le centre de ce cratère que se trouveront généralement les roches ignées contemporaines du soulèvement.

Sous le rapport minéralogique, il semble que des produits d'origines aussi différentes que les roches ignées et sédimentaires, doivent toujours être très distincts. Cette distinction sera en effet très facile toutes les fois que ces dernières seront restées telles que les a faites la sédimentation ; mais lorsqu'elles ont été en contact avec les roches ignées, les circonstances énergiques de température et de pression, auxquelles elles ont été soumises, ont plus ou moins altéré leur nature première, de telle sorte qu'un centre de perturbation et d'émission des roches ignées est presque toujours, pour les dépôts sédimentaires, un centre d'altérations, qui iront toujours en diminuant, à mesure qu'on s'éloignera de ce point, mais qui se propageront d'autant plus loin que l'action aura été plus vive et la roche plus impressionnable.

Ces altérations sont faciles à expliquer, lorsque les principes constituants sont restés les mêmes. Ainsi des grès ont souvent été changés, par le contact des roches ignées, en quarz compacte, des calcaires en marbres, des grauwackes en gneiss ; mais il n'en est plus de même lorsque de nouveaux principes ont été introduits.

Digitized by Google

Ainsi les calcaires ont été souvent transformés en dolomie. Telles roches de composition très simple se sont pénétrées d'amphibole, de pyroxène, de grenats, de spinelles et autres minéraux de nature ignée. Ces réactions ne se bornèrent pas d'ailleurs à des modifications de roches : les gisements métallifères, les matières qui remplissent un grand nombre de filons, de cavités, paraissent en grande partie liés à cet ensemble d'émanations de l'intérieur et de l'extérieur.

Ces altérations des roches ont souvent eu lieu sur une échelle immense; des contrées étendues, telles que la région des Alpes, ont pris un *facies* minéralogique évidemment tout différent de celui qu'elles avaient d'abord. Les chances d'altération ayant été d'autant plus grandes que les dépôts étaient plus anciens, il ne faut pas s'étonner de la liaison presque intime qui existe entre les premiers dépôts sédimentaires et les roches ignées anciennes; cette liaison étant d'ailleurs considérablement augmentée par une grande analogie dans les roches, puisque les eaux n'avaient pas encore eu le temps de modifier complétement l'écorce ignée à peine refroidie, sur laquelle elles avaient été précipitées.

Les rapports géognostiques seront d'une étude bien simple, entre les dépôts sédimentaires, dont l'isochronisme général est très probable, et les masses ignées qui les auront traversées à des époques intermittentes.

Si l'on considère une masse ignée saillante à la surface du sol, elle sera nécessairement postérieure aux roches sur lesquelles elle repose, à moins que la contrée n'ait été tellement bouleversée, que l'on soit en droit de supposer un renversement complet de tout le système qui aurait interverti l'ordre de superposition. Mais de ce que l'on trouvera une roche superposée à certaines couches, il ne s'ensuivra pas qu'elle ne puisse être regardée comme de beaucoup postérieure. Si la masse est intercalée, elle sera postérieure aux roches qu'elle traversera; mais de ce qu'un filon, traversant un système de couches, s'arrêtera au milieu, on ne pourra pas conclure qu'il est antérieur à toutes celles qu'il ne traverse pas. De même, toutes les roches ignées, intercalées dans un terrain, sont certainement postérieures à celles sur lesquelles elles reposent, mais elles peuvent l'être aussi à celles qui les recouvrent.

Le tableau suivant (fig 1096), dressé par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, donnera une idée de l'ancienneté des roches d'origine ignée et de la durée de leur émission.

Soit AC, une ligne correspondante à l'époque actuelle; MN, une autre ligne indiquant l'époque la plus ancienne à laquelle les roches sédimentaires se sont produites; on voit que :

Le *basalte* O'', a commencé à paraître vers le dernier quart des terrains de sédiment, c'est-à-dire à la hauteur de la partie supérieure de la craie; il est fort rare à cette époque, et n'a commencé à se produire avec abondance que vers la fin des terrains tertiaires, comme l'indique la figure : il paraît même qu'il s'en forme encore.

Le *trachyte* O', a commencé à peu près à la même époque que le basalte; il a été surtout abondant aux dernières périodes de la formation du globe, et il s'en produit encore.

Les *mélaphyres m*, ont commencé plutôt que le trachyte, et ont fini un peu avant l'époque actuelle.

Les *trapps d*, ont paru, pour la première fois, environ vers le premier quart des dépôts de sédiment. Les terrains houillers sont traversés par ces roches qui ont été très abondantes vers l'époque du grès rouge et avant le dépôt du calcaire magnésien (muschelkalk).

Les *serpentines* et les *euphotides* O, parcourent une partie plus étendue encore de l'échelle chronologique; elles paraissent s'être produites dès les terrains de transition, et leur épanchement s'est continué jusqu'aux terrains tertiaires supérieurs.

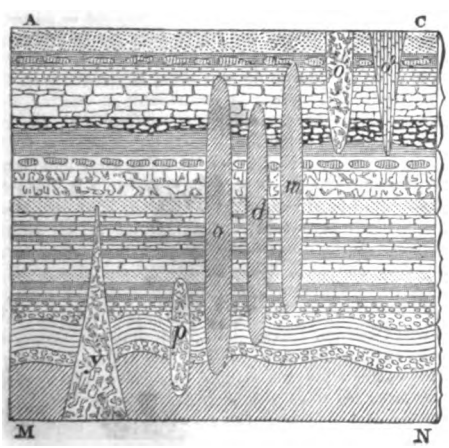
Les *porphyres quarzifères p*, ont commencé à paraître lors des dépôts des terrains de transition, principalement du terrain silurien; et ils se sont prolongés à peu près jusqu'aux premières époques des éruptions des mélaphyres.

Les *granites y*, très abondants aux premières époques de la formation du globe, se sont prolongés assez avant dans le dépôt des terrains de sédiment; toutefois, leur émission, considérable dans les premières périodes géologiques, a diminué très rapidement, comme l'indique la figure, à mesure que les terrains de sédiment ont acquis de l'épaisseur.

Les porphyres et les granites, arrivés au jour à l'état pâteux, n'ont point coulé et ne sont point accompagnés de scories; les filons qu'ils constituent n'ont, en général, qu'une faible étendue, et sont ordinairement terminés en pointe. Les porphyres quarzifères forment cependant quelques filons assez étendus, quoique très minces, et par conséquent ont été plus fluides que les granites. Les porphyres constituent généralement des montagnes en dômes; les granites affectent aussi quelquefois cette disposition; mais, le plus ordinairement, ils se présentent sous la forme de chaînes longues et étendues, comme les Alpes et les Pyrénées : le phénomène qui les a produits est donc plus général, et s'est fait sentir sur des espaces plus considérables; enfin, une grande différence entre le mode d'émission des porphyres et des granites, c'est que ces dernières roches ne sont pas accompagnées de conglomérats.

Les trapps et les basaltes sont ordinairement arrivés au jour par de simples fentes, et se sont étendus en nappes minces sur la surface du sol. Souvent aussi les basaltes se sont soulevés à l'état pâteux pour former des dômes. Ces roches sont accompagnées d'une quantité variable de scories.

Les trachytes présentent quelquefois des couches longues et étendues, qui forment de grandes assises presque horizontales : les monts Dores, et surtout le Cantal, en offrent des exemples re-



1096.

Digitized by Google

marquables. Dans ce cas, cette roche est évidemment arrivée fluide à la surface du sol; dans d'autres circonstances, elle s'est soulevée à l'état de masse pâteuse, et a formé des montagnes arrondies, comme le Puy-de-Dôme: elle est toujours accompagnée d'une masse considérable de conglomérats et de scories presque toujours ponceuses.

DISPOSITION GÉNÉRALE DES MASSES QUI FORMENT LE SOL DE LA FRANCE.

Nous terminerons cet article en empruntant au savant travail (*Carte géologique de la France*, ouvrage actuellement en grande partie publié), exécuté de 1825 à 1835 par MM. Dufrénoy et Elie de Beaumont, sous la direction de M. Brochant de Villiers, et sous les auspices de l'administration des travaux publics, quelques détails sur l'ensemble de la constitution géologique de notre pays.

« Si l'on examine la carte géologique de la France, on remarque que les diverses formations du terrain jurassique y forment comme une large écharpe qui traverse obliquement la partie centrale de la carte, des environs de Poitiers à ceux de Metz et de Longwy.

« Cette écharpe se recourbe d'une part, vers le haut, du côté de Mézières et de Hirson, et, de l'autre, vers le bas, du côté de Cahors et de Milhau; mais en même temps il s'en détache deux branches, dont l'une, se repliant au nord-ouest, se dirige sur Alençon et Caen, tandis que l'autre, descendant au midi, suit d'abord la Saône et ensuite le Rhône depuis Lyon jusqu'au-delà de Privas, et tourne autour des Cévennes jusqu'au-delà de Montpellier, pour aller rejoindre la première branche dans le département de l'Aveyron.

« Ces bandes, recourbées, projettent en outre, dans différentes directions, des appendices irréguliers; mais ce qu'elles présentent de plus remarquable, c'est qu'en faisant abstraction de ces irrégularités et en les réduisant par la pensée à leur plus simple expression, on voit ces bandes former deux espèces de boucles, qui dessinent sur la surface de la France une figure dont la forme générale est celle d'un 8 ouvert par le haut.

« Ces assises du calcaire jurassique, qui nous présentent l'immense avantage de pouvoir être poursuivies à découvert, d'une manière sensiblement continue, d'un bout de la France à l'autre, suivant des contours variés qui en touchent presque toutes les parties, se prolongent souterrainement dans des espaces beaucoup plus étendus que ceux où elles forment la surface; mais la manière dont elles s'enfoncent ainsi pour s'étendre par-dessous terre n'est pas la même dans toutes les parties de leur contour apparent.

« Si les deux boucles supérieure et inférieure que présente la figure analogue à celle d'un 8, qu'elles dessinent sur la surface, ont entre elles une sorte de correspondance, elles présentent en même temps une opposition complète dans la manière dont les couches jurassiques y sont disposées relativement aux masses qui occupent les deux espaces qu'elles entourent vers le nord et vers le sud : en effet, la boucle inférieure ou méridionale circonscrit un massif proéminent, formé principalement de terrain granitique. C'est le massif montagneux de la France centrale, couronné par les roches volcaniques du Cantal, du Mont-Dore et du Mézenc. Cette boucle méridionale est ainsi moins élevée que l'espace qu'elle entoure, tandis que la boucle supérieure ou septentrionale, qui forme le contour d'un bassin dont Paris occupe le centre, est, en grande partie, plus élevée que le remplissage central de ce bassin. L'intérieur de ce bassin est occupé par une succession d'assises à peu près concentriques, comparables à une série de vases semblables entre eux, qu'on fait entrer l'un dans l'autre pour occuper moins d'espace.

« La différence la plus essentielle des deux boucles opposées de notre 8 est que l'une recouvre, et que l'autre supporte les masses minérales qui occupent l'espace qu'elle entoure. La boucle inférieure et méridionale est formée par des couches qui s'appuient sur le bord du massif granitique qui leur sert de centre, et, en quelque sorte, de noyau; la boucle supérieure et la plus septentrionale est formée, au contraire, par des couches qui s'enfoncent de toutes parts sous un remplissage central auquel elles servent de support, de bassin, de récipient, et dont elles excèdent généralement la hauteur.

« La disposition des couches jurassiques, dont nous venons de donner l'indication, est liée de la manière la plus intime à la structure, tant intérieure qu'extérieure, de la plus grande partie du territoire français. Nous pouvons le faire aisément comprendre, en esquissant rapidement les traits extérieurs par lesquels sa structure extérieure se décèle.

« Les deux parties principales du sol de la France, le dôme de l'Auvergne et le bassin de Paris, quoique circulaires l'une et l'autre, présentent, comme on vient de le voir, des structures diamétralement contraires. Dans chacune d'elles, les parties sont coordonnées autour d'un centre; mais ce centre joue, dans l'une et dans l'autre, un rôle complétement différent.

« Ces deux pôles de notre sol, s'ils ne sont pas situés aux deux extrémités d'un même diamètre, exercent en revanche, autour d'eux, des influences exactement contraires : l'un est en creux et attractif; l'autre, en relief, est répulsif.

« Le pôle en creux vers lequel tout converge, c'est Paris, centre de population et de civilisation. Le Cantal, placé vers le centre de la partie méridionale, représente assez bien le pôle saillant et répulsif. Tout semble fuir en divergeant de ce centre élevé, qui ne reçoit du ciel qui le surmonte que la neige qui le couvre pendant plusieurs mois de l'année. Il domine tout ce qui l'entoure, et les vallées divergentes versent leurs eaux dans toutes les directions. Les routes s'en échappent en divergeant comme les rivières qui y prennent leurs sources. Il repousse jusqu'à ses habitants, qui, pendant une partie de l'année, émigrent vers des climats moins sévères.

« L'un de nos deux pôles est devenu la capitale de la France et du monde civilisé, l'autre est resté un pays pauvre et presque désert.

« La structure de la plus méridionale des deux parties de territoire que nous venons d'opposer l'une à l'autre se dessine par des traits qui doivent frapper bien plus, au premier abord, que ceux de la partie septentrionale, puisque ces traits sont les montagnes les plus élevées de l'intérieur de la France. Cependant, lorsqu'on y regarde de plus près, la structure en forme de bassin de la partie septentrionale se dessine, de son côté, avec une netteté toute particulière, au moins dans sa partie orientale.

« La partie orientale est, en effet, celle dans laquelle le contour jurassique du bassin s'élève à la plus grande hauteur. Les différentes assises dont il se compose ont été usées inégalement par les révolutions du globe, et, suivant leurs divers degrés de dureté, elles forment comme une série de moulures concentriques les unes aux autres. Il est arrivé la même chose aux assises, de solidité diverses, qui se trouvent appliquées successivement l'une sur l'autre dans l'intérieur du bassin. De là une série de crêtes saillantes formées par les extrémités des couches les plus solides. Ces crêtes tournent parallèlement les unes aux autres autour de Paris, qui est leur centre commun. Les rivières qui, comme l'Yonne, la Seine, la Marne, l'Aisne, l'Oise, convergent vers le centre du bassin parisien, traversent les crêtes successives dans des défilés que les révolutions du globe ont

Digitized by Google

ouverts pour elles. Ces mêmes crêtes forment les lignes naturelles de défense de notre territoire, et les opérations stratégiques de toutes les armées qui l'ont attaqué ou défendu s'y sont toujours coordonnées par la force même des choses.

« Jamais cette vérité n'a été mise plus vivement en lumière que dans la mémorable campagne de 1814. Sur la crête la plus intérieure formée par le terrain tertiaire, ou tout près d'elle, se trouvent les champs de bataille de Montereau, de Nogent, de Sézanne, de Vauchamps, de Montmirail, de Champaubert, d'Épernay, de Craone, de Laon.

« Sur la deuxième, formée par la craie, se trouvent Troyes, Brienne, Vitry-le-Français, Sainte-Ménehould. Là aussi se trouve Valmy !

« La troisième crête, beaucoup moins prononcée et plus inégale, présente cependant les défilés de l'Argonne.

« Près de la quatrième ligne saillante, qui déjà appartient au terrain jurassique, se trouvent Bar-sur-Seine, Bar-sur-Aube, Bar-le-Duc, Ligny.

« Près de la cinquième, qui est également jurassique, sont Châtillon-sur-Seine, Chaumont, Toul, Verdun.

« La sixième, déjà un peu excentrique, est formée par les coteaux élevés qui dominent Nancy et Metz, et qui s'étendent sans interruption, depuis Langres jusqu'à Longwy, Montmédy, et jusqu'aux environs de Mézières.

« Paris est placé au milieu de cette sextuple circonvallation opposée aux incursions de l'Europe, et traversée par les vallées convergentes des rivières principales.

« Vers le nord-est, la branche orientale du grand 8 jurassique ne se recourbe que souterrainement et cesse de saillir à la surface. Aussi a-t-on depuis longtemps senti la nécessité de suppléer à l'absence de lignes naturelles de défense, en renforçant, cette partie faible de nos frontières, par une triple rangée de places fortes.

« Du côté du nord-ouest, la ceinture jurassique s'interrompt ; elle est coupée par les rivages de la Manche, qui empiètent sur le bassin septentrional.

« A l'ouest et au midi de Paris, les traits principaux de sa forme reparaissent, quoique moins prononcés que vers l'est. On les retrouve, en grande partie, dans la structure intérieure du sol ; mais ils n'ont pas été mis aussi complétement à découvert par les phénomènes géologiques qui ont façonné la surface. Leur influence est, d'ailleurs, contre-balancée par certaines dispositions excentriques. Le calcaire grossier des environs de Paris reparaît près de Rennes, de Machecoul et de Bordeaux, ce qui semble faire du bassin de la Gironde un appendice naturel de celui de la Seine. De plus, le grand plateau du terrain tertiaire moyen qui s'étend de la Beauce à la Bretagne et à la Gascogne semble être une plate-forme naturelle jetée sur tous les accidents intérieurs du sol pour rendre plus faciles les communications du centre parisien avec l'est et le sud-ouest.

« On voit donc que l'emplacement de Paris avait été préparé par la nature, et que son rôle politique n'est, pour ainsi dire, qu'une conséquence de sa position. Les principaux cours d'eau de la partie septentrionale de la France convergent vers la contrée qu'il occupe, d'une manière qui nous paraîtrait bizarre si elle nous était moins utile et si nous y étions moins habitués. Enfin la nature, prodigue pour cette même partie de la France, l'a dotée d'un sol fertile et d'excellents matériaux de construction. Environnée de contrées beaucoup moins favorisées, telles que la Champagne, la Sologne, le Perche, elle forme au milieu d'elles comme une oasis. L'instinct qui a dicté à nos ancêtres le nom d'*Ile-de-France*, pour la province dont Paris était la capitale, résume d'une manière assez heureuse les circonstances géologiques de sa position.

« Ce n'est donc ni au hasard ni à un caprice de la fortune que Paris doit sa splendeur, et ceux qui se sont étonnés de ne pas trouver la capitale de la France à Bourges, ont montré qu'ils n'avaient étudié que d'une manière superficielle la structure de leur pays. Cette capitale n'a pris naissance et surtout n'a grandi, là où elle se trouve, que par l'effet de circonstances naturelles résultant, en principe, de la structure intérieure de notre sol. »

En terminant, nous ferons remarquer que l'élévation du centre de la France au-dessus du bassin septentrional est cause que notre pays présente, jusqu'à un certain point, dans tous les départements, la même température moyenne, égalité d'où résulte en grande partie l'homogénéité et l'unité remarquables que présente une réunion d'hommes aussi considérable que la nation française. La Gascogne et le littoral de la Méditerranée sont les deux exceptions les plus notables aux observations de position qui viennent d'être indiquées ; aussi remarque-t-on que les noms de *Gascons* et de *méridionaux* sont les distinctions les plus tranchées qu'on puisse signaler parmi les Français. P. DEBETTE.

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE. L'illustre Monge a réduit et formulé sous forme scientifique l'ensemble des méthodes sur lesquelles reposent les arts du dessin, du tracé en général, appliqué à tous les arts de construction, en un mot tous les procédés à l'aide desquels les corps dans l'espace sont représentés par des tracés faits sur un plan. Il est bien facile de concevoir de quelle importance est une semblable science pour la pratique des arts, et combien son étude est la base nécessaire de l'enseignement industriel. Nous ne pouvons songer à l'exposer ici ; comme toutes les sciences, celle-ci doit être étudiée dans son ordre logique, c'est-à-dire après l'étude de la géométrie élémentaire sur laquelle elle s'appuie, et nullement, dans un ouvrage de la nature de celui-ci, qui comprend seulement les résultats de l'application, des notions de science pure. Il importe cependant de donner quelque idée de l'esprit de la géométrie descriptive et de l'emploi de ses méthodes, afin d'en faire sentir toute l'importance, et d'amener à son étude les personnes qui par position ont fréquemment l'occasion de les utiliser.

Géométrie descriptive proprement dite. Si l'on considère un point dans l'espace, et trois plans se coupant à angles droits, la position de ce point sera complétement déterminée si l'on connaît la distance de ce point aux trois plans ; ou, ce qui revient au même, les longueurs des perpendiculaires abaissées de ce point sur chacun des deux plans, puisqu'il se trouve à la rencontre des trois plans parallèles aux premiers distants de ces longueurs de perpendiculaires. Si on suppose celles-ci construites, et qu'on abaisse du point de rencontre de chaque perpendiculaire avec le plan une perpendiculaire sur la ligne d'intersection de ces plans, on formera ainsi pour chaque système de deux plans un rectangle, et les lignes tracées sur un plan représenteront la distance du point à l'autre plan. Donc les deux lignes tracées sur les deux plans suffiront, avec les pieds des deux perpendiculaires abaissées du point, et qui sont dites *projections* de ce point, à déterminer rigoureusement la position du point, par rapport à ces deux plans, et même d'une manière absolue, car l'ensemble des deux perpendiculaires détermine le plan parallèle au troisième, que nous avons supposé passant par le point ; ce troisième est donc superflu.

Mais si le système des deux plans suffit pour déterminer la position d'un point, en faisant tourner un de ces plans autour de la ligne d'intersection, dite *ligne de terre*, rien ne sera déformé dans ce plan.

Donc, rigoureusement, mathématiquement, la position d'un point dans l'espace sera déterminée par des tracés faits sur un seul plan.

Digitized by Google

Une ligne droite, une ligne courbe, seront de même déterminées par les projections des points qui composent ces lignes. Un plan sera déterminé par ses intersections avec les deux plans de projection ; un corps engendré par une ligne droite (cylindres, cônes, etc.), genre de corps qui, s'exécutant à l'aide de la règle, sont seuls usités dans les constructions, par leur intersection avec les plans de projection et la projection des droites génératrices.

Ne pouvant entrer dans aucun détail, nous avons voulu seulement bien établir que la géométrie descriptive avait son point de départ dans une détermination des objets non pas approchée, mais exacte, de telle sorte qu'en opérant convenablement sur les données de la figure, on peut résoudre tous les problèmes d'intersection, de tangence, etc., des divers corps, comme si on opérait sur les mêmes corps eux-mêmes. Toutes les opérations d'assemblage de construction pourront donc partir de ces dessins dits *épures*, au moyen desquels on déterminera la forme exacte des parties qui doivent s'assembler, etc. Il ne restera plus qu'à opérer le travail nécessaire pour donner aux corps les formes complétement déterminées par le tracé.

Passons maintenant en revue quelques-unes des nombreuses applications de la géométrie descriptive, qui en feront bien comprendre l'importance ainsi que la variété des ressources qu'offrent les méthodes dans les divers cas qui peuvent se présenter.

Coupe des pierres. La voûte qu'il s'agit de diviser en voussoirs qui doivent être taillés, étant représentée par les projections de ses lignes génératrices, il faudra mener par les points de division les plans suivant lesquels le contact doit avoir lieu. Les projections des intersections de ces plans avec la surface intérieure et extérieure de la voûte étant construites, il suffira de faire tourner ces plans jusqu'à ce qu'ils se confondent avec un plan de projection, pour en déduire le tracé exact des *panneaux* qui servent à tailler les voussoirs.

Charpente. Le travail des épures nécessaires pour le travail des bois et l'assemblage des charpentes est de même nature que celui relatif à la coupe des pierres. De la projection faite en plan horizontal et vertical, résulte presque toujours directement l'écartement des pièces, la position des assemblages ; les plans de projection étant parallèles aux plans verticaux et horizontaux qui renferment, en général, les pièces de charpente. Les assemblages obliques s'obtiennent, dans quelques cas particuliers, par la méthode dont nous venons de chercher à donner idée pour la coupe des pierres.

Perspective. La perspective est la représentation sur un plan des objets tels qu'ils nous apparaissent en réalité, ce qui s'obtient en traçant sur le plan les points de rencontre de ce plan avec tous les rayons allant de l'œil à tous les points des objets. La détermination exacte de la perspective est donc encore d'ordre géométrique. Le plan du tracé étant le plan vertical de projection, et les projections de l'objet et du point visuel étant données, le problème se réduit à déterminer le point de rencontre de chaque ligne, menée par le point visuel, et un point de l'objet, avec le plan ; problème que l'on résout aisément à l'aide des méthodes de la géométrie descriptive.

Ombres. La détermination des ombres sur les corps n'est pas autre chose que la détermination des intersectures des cylindres tangents aux corps, dont les génératrices sont les rayons lumineux parallèles entre eux, avec ces corps eux-mêmes, d'où résultent les lignes de séparation des parties éclairées et des parties obscures. On obtiendra ainsi projection des ombres des corps, et on trouvera la perspective des lignes d'ombres comme celles des corps par les méthodes de la perspective.

Dessin en général et dessin des machines. Le dessin artistique étant fondé sur la perspective et les ombres trouve donc, dans la géométrie descriptive, la règle des déterminations que l'expérience permet ensuite de tracer, à main levée, avec une exactitude suffisante. C'est encore l'étude de la géométrie descriptive qui permet à l'artiste d'apprécier les lignes essentielles d'un corps, celles qui accusent sa forme plus complétement que tout autre, les génératrices des surfaces de révolution, les lignes de plus grande courbure, et dont l'emploi judicieux fait le charme des travaux des grands graveurs, travaux qui paraissent engendrés à peu de frais, et qui cependant sont le résultat d'une science profonde.

Quand les objets sont disposés parallelement, et que le dessin doit servir à l'exécution, que par suite on doit éviter d'en altérer les formes et proportions, comme pour les machines, l'architecture, les fortifications, etc., on les trace sur un plan parallèle à la disposition générale des objets, et on construit une projection qui se trouve être en même temps un dessin représentatif.

Tracé du terrain. Pour les tracés de terrain, on suppose celui-ci coupé par des plans horizontaux équidistants, et on projette ces courbes à l'échelle du lever sur un plan horizontal, par suite sans les défigurer. Ces courbes sont cotées suivant la hauteur du plan coupant, et serviront par suite à tracer sur le terrain, avec une extrême facilité, les routes, canaux, etc., assujettis à des conditions déterminées de pentes.

Si l'on désire une figure du terrain plus représentative, on trace entre chaque courbe les lignes de plus grande pente, qui sont perpendiculaires aux deux courbes. Ces lignes étant tracées d'autant plus fortes qu'elles sont moins longues, les pentes les plus rapides seront plus noires, et l'œil saisira avec grande facilité les mouvements du terrain.

Le terrain ainsi figuré permet en fortification l'opération du défilement, opération qui consiste essentiellement à mener d'un point donné un plan tangent au terrain, afin de pouvoir élever un rempart dont la crête atteigne ce plan, et soit par suite assez élevée pour que du point culminant du sol on ne puisse voir l'intérieur d'un ouvrage de fortification.

C'est l'étude de cette question, la tradition des travaux faits dans le corps du génie, et surtout à l'école de Mézières, qui a permis à Monge de sortir tout ce qu'il y avait de général dans les méthodes employées, et d'en faire le corps de doctrine dit de *Géométrie descriptive*, si important depuis lui, et devenu une des bases fondamentales de l'enseignement industriel.

GIROFLE (*angl.* clove, *all.* gewürznægelein). Fleur du *caryophillus aromaticus* de Linnée, petit arbre de la famille des myrthes, recueillie avant son épanouissement. Cet arbre est originaire des Moluques, et fut introduit en 1770, par Poivre, dans nos colonies orientales.

Les clous de girofle ont une odeur analogue à celle de l'œillet, mais beaucoup plus forte ; ils ont de 10 à 15^{mm} de longueur, et, sont formés d'un calice prismatique, tétragone, légèrement aplati, rugueux, d'une couleur brune, étalé et divisé en quatre vers la partie supérieure. Là se trouvent les pétales encore réunis, formant une masse sphéroïdale tétragone, plus pâle que le calice et alternant avec ses divisions.

Dans le commerce on distingue trois sortes de girofle, qui sont, dans l'ordre de leur qualité : celui des Moluques, celui de Cayenne et celui de l'île Bourbon.

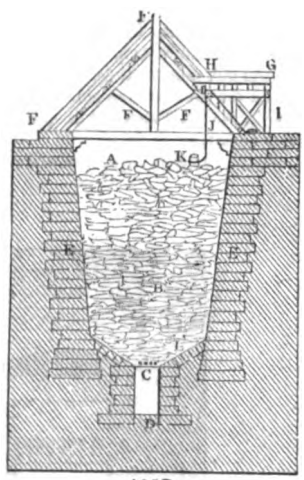
GLACE. Voyez VERRE.

GLACIERE (*angl.* ice house, *all.* eiskeller). Il est très important pour les besoins des sciences, de la médecine, et de l'hygiène publique de pouvoir se procurer de la glace en tout temps et à bas prix. Les divers procédés que nous avons exposés à l'article CONGÉLATION ARTIFICIELLE ne suffisent pas ; il faut avoir recours à l'emploi de *glacières*, sortes de caves ou l'on entasse de

Digitized by Google

la glace pendant l'hiver, en quantité suffisante pour la consommation de l'année.

La fig. 1097 représente, en coupe, une glacière construite d'après les règles les plus ordinaires, et dont les dimensions varient avec la quantité de glace à conserver : AB, amas de glace bien tassée reposant sur une grille C, qui laisse passer l'eau, qui s'est formée, par la fusion de la glace, dans le puisard D, d'où on la retire de temps à autre. E, E, parois en maçonnerie de la glacière supportant la charpente F F, qui est recouverte d'une couverture en chaume très épaisse; I, une des portes d'entrée située dans le corridor H G. On retire la glace à l'aide d'un tonneau K suspendu à une corde J, qui passe sur la poulie du palan M.



1097.

On remplit la glacière pendant les jours les plus froids de l'hiver, soit avec de la glace, soit à son défaut avec de la neige bien tassée, et l'on arrose aussitôt après avec un peu d'eau glacée qui se congèle, et qui en réunissant toute la glace en une seule masse empêche l'air de circuler aussi aisément dans son intérieur et retarde ainsi sa fusion. On recouvre la glace de paille, par dessus laquelle on met des planches que l'on charge de pierres.

Aux États-Unis, on élève quelquefois les glacières au-dessus du sol, en plein air, en les composant de bâtiments en madriers à claire-voie, recouverts de tous côtés de plusieurs couches de paille ; la Société d'encouragement a souvent proposé et maintient encore des prix pour pour l'établissement de petites glacières domestiques ; ainsi nous lisons dans son bulletin de juillet 1845 :

« Les boissons glacées sont devenues, de nos jours, un besoin général ; mais la glace ne sert pas seulement à l'agrément du conservateur, elle est recommandée en hygiène, et la médecine l'emploie avec succès dans des cas nombreux de maladies : il est donc important d'en répandre, autant que possible, l'usage.

« La Société d'encouragement, considérant les avantages d'un appareil simple et peu coûteux, qui permettrait à chaque ménage de s'approvisionner de glace pour les usages pendant l'été, propose un prix de la valeur de 2,000 francs pour l'établissement de glacières domestiques.

Les conditions de ce concours sont les suivantes :

1° L'appareil devra être construit de telle sorte, que l'établissement en soit aisé et peu coûteux, et de manière aussi qu'il puisse être monté, démonté et transporté facilement.

2° En admettant que la consommation d'un ménage soit annuellement de 200 kilogrammes de glace, l'appareil devra contenir, au commencement de mai, 400 kilogrammes environ.

3° Le concurrent devra avoir fabriqué et débité au moins vingt-cinq de ses appareils, afin qu'il puisse être facilement constaté que l'usage en est avantageux.

4° Enfin, l'appareil sera construit de manière à pouvoir servir, au besoin, à la conservation des substances alimentaires qu'on voudrait préserver de la corruption pendant les temps chauds.

« Chaque concurrent devra adresser à la Société, avant le 31 décembre 1847, un Mémoire avec figures dans lequel il décrira la construction de son appareil, ainsi que la manière de l'alimenter et de s'en servir. »

La solution de ce problème, que nous désirons vivement voir résoudre, nous paraît seulement exister dans l'emploi d'un vase servant de glacière, et entouré de plusieurs enveloppes concentriques d'air stagnant disposées d'une manière convenable et comprises entre des parois imperméables, métalliques ou non. On pourrait placer l'appareil de manière à pouvoir découvrir son abri le soir pendant l'été, afin de profiter du refroidissement par rayonnement qui produit le phénomène de la rosée. Nous serions heureux, si cette idée pouvait amener quelqu'un de nos lecteurs à la solution cherchée. On emploie déjà, dans quelques circonstances, avec beaucoup de succès, les enveloppes d'air stagnant pour éviter les pertes de chaleur ; rien n'empêche qu'on ne les fasse servir à prévenir la propagation de celle-ci en sens contraire. P. D.

GLU (*angl.* bird lime, *all.* vogelleim). La glu est une substance particulière, molle, d'un blanc verdâtre ou jaunâtre, fusible, combustible, qui s'attache fortement aux corps qu'elle touche. Elle est insoluble dans l'eau et les alcalis ; l'alcool bouillant, les acides froids, et surtout l'éther, peuvent la dissoudre. On l'emploie pour enduire les *gluaux* qui servent à prendre les oiseaux à la *pipée*.

La glu se prépare avec l'écorce moyenne du houx (*ilex aquifolium*, Lin.). Pour cela, on la fait bouillir dans l'eau, et on la bat dans un mortier jusqu'à ce qu'elle soit réduite en pulpe. On la porte alors dans une cave ou dans tout autre endroit humide, où elle subit une espèce de putréfaction qui la transforme en une substance jouissant des propriétés qui ont été indiquées ci-dessus. Pour la purifier, il suffit de se mouiller les mains pour qu'elle ne s'y attache pas, et de la laver à grande eau en la malaxant. On la conserve dans l'eau ou du parchemin enduit d'huile.

GLUCINE (*angl.* glucina, *all.* beryllerde). Oxyde du métal terreux le *glucinium* ; la glucine a été découverte par Vauquelin dans l'émeraude. C'est un corps blanc, analogue à l'alumine, et qui ne s'en distingue guère qu'en ce qu'elle est soluble dans le carbonate d'ammoniaque.

GLUCOSE. M. Dumas a désigné sous le nom de *glucose* les divers produits sucrés qui présentent une cristallisation confuse ou mamelonnée. Les sucres de raisin, de fruit, d'amidon, de diabètes, etc., auraient donc la même composition aux yeux de ce chimiste célèbre ; et si les expériences de MM. Bouchardat et Biot tendent à prouver que l'espèce *glucose* comprend plusieurs variétés, il n'en est pas moins convaincu qu'on finira par trouver la glucose identique, quelle que soit son origine, quand on aura soumis toutes les variétés de sucre dont nous avons parlé à des expériences comparatives et multipliées.

La glucose desséchée à 100° paraît formée de :

Carbone.	36,8
Hydrogène.	7,0
Oxygène.	56,2
	100,0

Composition qui peut se représenter par la formule suivante :

$$C^{12}\ H^{28}\ O^{14}.$$

Soumise dans le vide à une température de 130°, ce corps perd deux atomes d'eau.

La plupart des fruits, le miel, l'urine des diabétiques, le suc des fleurs doivent à la glucose leur saveur sucrée. L'amidon, la cellulose, le sucre de canne, la gomme,

Digitized by Google

le sucre de lait, etc., sous l'influence des acides étendus, donnent naissance à ce produit, et tout semble prouver que le sucre de raisin a une composition identique à la sienne.

La glucose se distingue du sucre de canne non seulement par sa cristallisation, mais encore par l'action des alcalis qui la brunissent, tandis qu'ils n'agissent pas sur le sucre de canne; elle a, en outre, une grande tendance à s'emparer de l'oxygène, ce que ne fait pas le dernier. De là un procédé pour reconnaître si du sucre de canne renferme de la glucose. Si on dissout, par exemple, du tartrate de deutoxyde de cuivre dans une solution de potasse chauffée à 100°, le sucre de canne qu'on y projette ne donne lieu à aucun phénomène particulier, tandis que la présence de la glucose dans ce sucre, produit immédiatement un précipité d'hydrate de protoxyde de cuivre jaune, qui perd bientôt son eau pour produire du protoxyde de cuivre rouge et pulvérulent.

M. Bareswil, se fondant sur cette réaction, a imaginé un procédé pratique pour faire l'essai des sucres au moyen de liqueurs titrées.

La glucose entre en fusion à une température peu élevée; à 140°, elle se convertit en caramel; et, si on chauffe davantage, elle donne naissance aux mêmes produits que ceux qu'on obtient par la décomposition du sucre de canne dans les mêmes circonstances.

La glucose est moins soluble dans l'alcool que le sucre de canne; les acides concentrés la détruisent, et la transforment en acide saccharique et en acide oxalique. Dissoute dans l'eau, la glucose, en présence d'un ferment, éprouve immédiatement la fermentation alcoolique; on sait que tous les sucres ne se transforment en alcool qu'après s'être préalablement transformés en glucose.

Cette matière sucrée peut, comme le sucre de canne, donner naissance à des sels à bases de baryte, de chaux et de plomb; on a même découvert un glucosate de sel marin.

Nous avons dit qu'on pouvait obtenir la glucose de différentes manières; mais en grand, c'est de la fécule qu'on extrait cette matière.

La diastase et l'acide sulfurique peuvent également s'employer pour cette préparation; mais si le premier de ces deux agents donne des produits plus purs et plus agréables au goût, le second agit plus rapidement sur la fécule, et a, en outre, l'avantage de se trouver partout; aussi est-il le seul qui s'emploie industriellement.

En France, la fabrication de la glucose a fait de rapides progrès; dernièrement aussi, on préparait ce produit dans onze fabriques, qui en livraient au commerce 6,000,000 de kilogrammes.

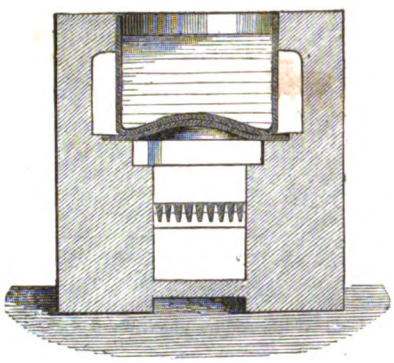
Les opérations qui ont lieu dans la fabrication du sucre de fécule sont au nombre de dix :

1° Saccharification;
2° Saturation;
3° Dépôt et soutirage au clair;
4° Première filtration sur du noir animal;
5° Première évaporation;
6° Seconde filtration;
7° Cuite du sirop;
8° Repos et refroidissement;
9° Cristallisation et clairçage;
10° Egouttage et séchage.

Le but de la *saccharification* est de désagréger rapidement la fécule, de la convertir en dextrine, puis en sucre, à l'aide de l'acide sulfurique étendu, chauffé à 100°, température qui doit rester la même pendant toute la réaction.

Sous l'influence de l'eau chaude, chaque grain de fécule se gonfle, se distend, et, en présence de l'acide, se transforme en dextrine et devient soluble; à son tour, la dextrine est transformée en glucose. On peut opérer à feu nu ou à la vapeur; le second mode de chauffage est généralement employé; le premier est défectueux, car, quand on l'emploie, il est bien difficile de rester dans les limites de la température voulue; et si on chauffe trop, il y a coloration du produit. Cependant, comme il est des circonstances où le chauffage à feu nu doit être employé, nous allons donner la description de l'appareil le plus généralement adopté dans ce cas.

Au-dessus d'un foyer ordinaire (fig. 1098), on dis-



1098.

pose un disque de fonte bombé, sur lequel repose une chaudière en plomb, dont le fond a la même forme que le disque destiné à la protéger d'un coup de feu trop violent. Dans cette chaudière, on met un poids d'eau quatre fois plus considérable que celui de la fécule qu'on veut saccharifier; on ajoute peu à peu à cette eau une quantité d'acide sulfurique égale à la cinquantième partie du poids de cette fécule, et on chauffe le mélange jusqu'à l'ébullition. On met alors la fécule pulvérulente et sèche dans le liquide bouillant, portions par portions, sans cesser le feu, et en agitant continuellement pour empêcher le mélange de s'épaissir, car une formation d'empois s'opposerait aux réactions et à la transmission facile de la chaleur.

La saccharification terminée, ce que l'on reconnaît à l'action de l'iode sur la dissolution, on arrête le feu et l'on sature l'acide sulfurique, dont l'action prolongée brunirait le liquide. Pour saturer cet acide, qui se trouve à l'état libre dans la dissolution, on emploie la craie de préférence à la chaux, car elle coûte moins cher que cette dernière. Les débris de pains de blanc de Meudon réduits en poudre sont excellents pour cet usage.

On ne doit ajouter que peu de carbonate de chaux à la fois, car si le dégagement de l'acide carbonique qui est mis en liberté était trop violent, comme le liquide est visqueux, tout déborderait et la chaudière serait vidée.

On doit aussi, pendant la saturation, agiter le mélange avec un râble, pour établir le contact afin qu'il ne reste pas de craie non attaquée.

Quand l'effervescence cesse, on s'assure, à l'aide d'un papier de tournesol bleu, que tout l'acide sulfurique est saturé, et s'il ne l'était pas on ajouterait encore de la craie jusqu'à ce que le papier bleu cessât d'être rougi.

Quant au chauffage à la vapeur, son emploi nécessite des appareils différents. On fait usage alors d'une grande et forte cuve couverte, chauffée à l'aide d'un tuyau en cuivre ou en plomb qui décrit un cercle au fond de cette cuve.

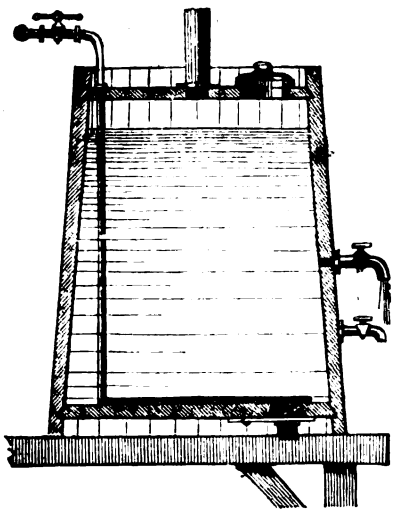
La vapeur est introduite dans l'appareil par des traits de scie disposés sur le côté du tuyau, car si elle arrivait

Digitized by Google

à plein jet dans le liquide, surtout au commencement d'une opération, sa condensation serait si rapide, qu'il y aurait absorption, et une partie du sirop pourrait remonter dans le tuyau de vapeur et se rendre dans le générateur; outre la perte de matière sucrée qui en résulterait, il se produirait des chocs nuisibles à la solidité de l'appareil.

A l'aide de la disposition employée, on évite ces deux inconvénients, car alors le liquide de la cuve ne peut remplir complétement le tuyau d'arrivée de vapeur.

Nous donnons ci-dessous le dessin d'une cuve à saccharification (fig. 1099).



1099.

Si l'on veut traiter à la fois 500 kilogr. de fécule l'appareil doit contenir 25 hectolitres : on commence par y verser 10 hectol. d'eau, puis 10 kilogr. d'acide sulfurique, en ayant soin d'agiter le mélange; on laisse alors arriver la vapeur. Dès que la température est à 100° on ajoute la fécule délayée dans son poids d'eau tiède, par portions de 50 kilogr. à la fois, on a soin d'agiter pour empêcher l'épaississement du mélange. Dans quelques fabriques on emploie des agitateurs mécaniques, mais le plus souvent l'agitation se fait à la main, au moyen d'un râble qu'on introduit dans la cuve, par un trou d'homme, à fermeture hydraulique percé dans le couvercle. On reste deux heures à introduire les 500 kilogr. de fécule dans l'eau acidulée; vingt minutes après la saccharification est complète.

On s'assure que toute la substance amylacée a disparu en puisant dans une soucoupe un peu de liquide, qu'on laisse refroidir; ce liquide doit être transparent, et, traité par une dissolution d'iode, il ne doit point se colorer.

On arrête alors l'introduction de la vapeur et on commence la saturation à l'aide de craie pesée d'avance, et délayée dans de l'eau, qu'on introduit lentement par le trou d'homme dont nous avons parlé. Pour saturer les 10 kilogr. d'acide employé, le calcul indique qu'il faut employer à peu près une égale quantité de craie; on en emploie 11 à 12 kilogrammes.

On doit néanmoins s'assurer, comme nous l'avons déjà indiqué, que l'acide sulfurique est complétement neutralisé.

On laisse déposer le sulfate de chaux qui s'est formé, pendant deux ou trois heures, au bout de ce temps on décante le liquide qui surnage à l'aide de deux robinets, en commençant à ouvrir le premier qui est à 1 mètre du fond; puis, quand le niveau supérieur du liquide sucré est arrivé à ce robinet, on ouvre le second, qui est 0m,50 à 0m,60 plus bas.

Le liquide décanté est conduit dans un réservoir doublé en plomb ou en zinc; quant au dépôt il est retiré de la cuve à l'aide d'une ouverture percée dans le fond, ouverture qui est fermée par une soupape pendant les opérations précédentes; ce dépôt est conduit sur une toile où il s'égoutte, on l'épure ensuite par un lavage à l'eau et on le presse afin d'en séparer tout le liquide sucré qu'il renferme.

La dissolution décantée provenant de la transformation de la fécule en glucose, est décolorée sur des filtres Dumont; ces filtres sont quelquefois formés d'une double enveloppe chauffée à la vapeur, disposition qui facilite le passage du sirop à travers la couche de noir animal en grains.

Le liquide filtré est reçu dans un réservoir destiné à alimenter une chaudière en cuivre chauffée par une grille tubulaire dans laquelle circule de la vapeur à quatre ou cinq atmosphères. Dans cette chaudière la dissolution sucrée est rapprochée à 25 ou 30° Beaumé; puis on la met en repos dans un réservoir où se dépose du sulfate de chaux précipité pendant l'évaporation.

Le sirop clair soutiré de ses réservoirs peut se vendre à cet état pour servir à la préparation des bières colorées ou à celle de quelques autres boissons communes, on l'emploie aussi dans les distilleries pour produire de l'alcool.

Pour la fabrication des bières blanches et pour d'autres usages, le sirop de fécule a besoin de perdre la coloration qu'il a prise par la concentration; pour cela, on le filtre de nouveau sur du noir neuf, ce qui achève de l'épurer en améliorant son goût.

Pour pouvoir expédier la glucose, il faut l'obtenir en masse ou en grains.

La *glucose en grains* s'obtient en concentrant de nouveau le sirop dans une chaudière tubulaire analogue à celles employées dans la fabrication du sucre de betterave (système Taylor et Martineau), on rapproche jusqu'à 35 ou 40°. Le liquide concentré à une température un peu supérieure à 100°, est conduit dans des rafraîchissoirs où il se refroidit, ce qui empêche la fermentation de se produire. Une fois le liquide refroidi à 20° on le tire au clair et on le met dans des tonneaux établis sur des chantiers d'une hauteur de 0m,30 posés sur des tables en plomb à rebords. Ces tonneaux, dont on a enlevé le fond supérieur et dont le fond inférieur est percé de 15 à 20 trous bouchés par des chevilles, remplacent ici les formes en terre que l'on emploie dans la fabrication du sucre indigène.

Au bout d'une semaine le sirop est aux deux tiers cristallisé, la mélasse est alors évacuée par les trous du fond qu'on débouche et elle tombe sur les tables en plomb qui se trouvent dessous; de là elle se rend dans un réservoir situé dans la cave à côté des rafraîchissoirs. Si l'égouttage a de la peine à s'effectuer, on ajoute de l'eau qui produit sur la masse cristalline les mêmes résultats que le clairçage sur le sucre ordinaire.

Pour achever l'égouttage, on incline les tonneaux, les uns sur les autres, sous un angle de 45°. Le liquide égoutté est plus amer que les cristaux; il est employé pour la fabrication de la bière brune.

Pour dessécher la glucose, il faut enlever les dernières traces de sirop qui pourraient s'accumuler dans la masse cristallisée.

Pour opérer cette dessiccation, qui présente quelques difficultés, on dépote les tonneaux qui renferment la glucose en grains, sur une aire en plâtre dont la propriété absorbante facilite beaucoup l'égouttage. Les blocs égouttés sont portés sur des dalles également en plâtre qui sont disposées autour d'une étuve chauffée à l'aide d'un calorifère, et où la dessiccation s'opère à une température qui ne doit pas dépasser 25° centigr.

Digitized by Google

La glucose séchée est réduite en poudre et emballée dans des tonneaux propres et solides dans lesquels on la livre au commerce.

La *glucose en masse* s'obtient en concentrant le sirop jusqu'à 42° ou 45° Beaumé, et on le coule alors dans des barriques où il se prend en masse. Les tonneaux remplis sont fermés, puis expédiés.

Ce dernier produit est d'un emploi beaucoup moins commode que la glucose pulvérulente, il sert, ainsi que cette dernière, à la préparation des confitures, du miel et des bières blanches.

La fabrication du sucre de fécule présente quelques inconvénients qu'il est bon de signaler. Pendant toutes les opérations qu'elle nécessite, et surtout pendant la saccharification, il se dégage une forte odeur empyreumatique due à l'huile essentielle de pommes de terre; cette odeur désagréable augmentée par l'action de l'acide sulfurique a souvent incommodé les habitants des maisons voisines des fabriques de glucose.

M. Chaussenot est parvenu à éviter ces graves inconvénients en condensant la vapeur qui se dégage des cuves dans un serpentin en cuivre, et utilisant la chaleur latente de cette vapeur pour commencer la concentration des sirops. Les produits condensés dans le serpentin sont dirigés dans des égouts ou des cours d'eau; quant aux gaz incondensables, ils sont brûlés sous les foyers.

Un impôt de 2 francs par 100 kilogr. a frappé dernièrement la glucose en sirop et en masse. Comme le sirop de glucose ne représente que 63 à 66 pour 100 de son poids de glucose en masse, il faudra donc supprimer le premier produit pour ne faire que de la glucose en masse; on pourrait même remplacer cette dernière par de la glucose desséchée complétement : on extrairait ainsi les 11 pour 100 d'eau qu'elle renferme qui paient par conséquent l'impôt comme la matière sucrée.

La glucose cristallisée a été imposée comme le sucre ordinaire, aussi ce produit ne pourra-t-il plus se soutenir, et sa suppression serait regrettable, si on ne l'avait souvent employé pour frauder le sucre ordinaire.

Nous terminerons en donnant le compte de fabrication du sirop et du sucre de fécule pour une production de 4500 kilogr. de sirop à 32° Beaumé ou de 3000 kil. de sucre solide.

Il faut dans ce cas :

3000 kilogr. de fécule à 22 fr. . . .	660f »
60 kilogr. acide sulfurique à 15 fr.	9 »
10 hectolitres d'eau.	» »
80 kilogr. de craie.	2 »
300 kil. noir animal en grains à 10 fr.	30 »
35 hectolitres de houille à 1f,10. .	38,50
7 ouvriers à 2f,50.	17,50
Loyer et direction.	16 »
Capital, fonds de roulement. . .	5 »
Intérêts et réparations.	10 »
Éclairage et menus frais. . . .	5 »
Transports.	10 »
Escomptes et frais imprévus. . .	30 »
Total des dépenses.	833f »
Produits : 4500k sirop à 32° Beaumé, à 22 fr. les 100 kilogr. . . .	990 »
Bénéfice net. . . fr.	157 »
Si on fabriquait du sucre solide, la production ne serait plus que de 3000 k. à 35 fr.	1050 »
Il faudrait en déduire les frais de concentration, 4 hect. houille. . .	4,40
	1045,60
Le bénéfice net dans ce cas serait.	212f,60

GLUTEN (*anpl.* gluten, *all.* kleber). Nous avons déjà parlé du gluten et de ses propriétés nutritives à l'article FARINE; il nous reste encore à indiquer une application précieuse et toute nouvelle de ce produit due à MM. *Véron* frères de Lignié (Vienne).

MM. *Véron* ont ajouté, dans leur usine, à la mouture du blé la fabrication de l'amidon, dont ils séparent le gluten, en employant pour cet usage le pétrin Fontaine (voyez PAIN). Voici comment ils opèrent :

On verse dans le pétrin environ 75 kilogrammes de farine première, avec une médiocre quantité d'eau, sans aucun levain; le mélange réduit en pâte est retiré du pétrin, et placé, en deux parties égales, dans deux amidonnières contiguës, espèces d'auges allongées dans chacune desquelles tourne un cylindre en bois cannelé. Ce cylindre, par le frottement sur la pâte et un arrosage continu et réglé à volonté, opère en peu de temps la séparation de l'amidon, qui est entraîné par divers conduits dans des récipients disposés exprès. L'amidon étant ainsi extrait de la pâte, il ne reste plus dans l'amidonnière que le gluten frais, formant un corps tendineux et élastique.

Le gluten ainsi préparé servit d'abord à la nourriture des animaux, puis plus tard à la fabrication des pains de luxe. Toutefois il était impossible d'écouler, à l'état frais, tout le gluten, produit d'une grande fabrication, au fur et à mesure de son extraction. MM. *Véron* cherchèrent d'abord à conserver ce produit important en le desséchant, puis le réduisant en poudre; mais lors même qu'ils y fussent parvenus avec économie, ils n'eussent encore obtenu qu'une sorte de farine propre à la fabrication du pain.

Une idée heureuse venue à MM. *Véron* a tranché la difficulté, en simplifiant toute l'opération, diminuant les frais, et donnant, au lieu d'une matière première, un produit d'une valeur plus grande et vendable directement aux consommateurs.

L'invention consiste :

1° A granuler et à dessécher le gluten : dès lors la réduction en poudre est inutile;

2° A séparer en trois ou quatre sortes, suivant leur grosseur, les grains tout formés;

3° Enfin, à livrer le gluten ainsi préparé pour être employé surtout à la confection des potages.

MM. Véron commencent par étirer le gluten frais, à sa sortie de l'amidonnière, dans deux fois son poids de farine de froment de première qualité; puis, le portent à une machine appelée *démêleur*, composée de deux cylindres concentriques, dont celui intérieur, armé de chevilles saillantes, tourne avec une grande vitesse, et celui extérieur, beaucoup plus lentement; le gluten est promptement divisé dans cette machine, et forme un tout homogène qui est ensuite réduit en grains allongés qu'on place dans une étuve à tiroirs montée à cet effet à côté des étuves à amidon et également chauffée. Le gluten y est desséché en une heure et demie, puis tamisé pour obtenir des grosseurs différentes. Les grumeaux restants sont concassés dans un moulin à noix et tamisés de nouveau.

L'amidonnerie de MM. Véron consomme, en 12 heures de travail, 800k de farines premières, lesquels, après séparation de l'amidon, donnent 250k de gluten frais; cette quantité, réunie à 500k de farine de froment, fournit, déduction faite de 24 p. 100 perdus par la dessiccation, 570k de produit sec.

On se rend aisément compte de la composition de ce produit par les nombres suivants :

100k de gluten frais, contenant 38k de gluten sec, divisés par 200k de farine, contenant 24k de gluten sec, en tout 300k, se réduisent par dessiccation à 228k. contenant 62k de gluten sec; ce qui donne, par 100k de ce produit granulé, 27k,2 de gluten sec, c'est-à-dire plus

Digitized by Google

du double de la quantité contenue dans la farine employée.

Cette richesse en matière fort nutritive n'est pas le seul avantage que présente le produit nouveau, si on le compare avec les pâtes dites vermicelle, semoule, etc. Dans celles-ci, les préparations qui consistent à pétrir à sec de l'eau bouillante, puis à étirer à chaud, ont coagulé le gluten et soudé les grains d'amidon. Les pâtes sèches ainsi obtenues acquièrent par suite une dureté et une cohésion telles, qu'une ébullition plus ou moins soutenue devient nécessaire pour les hydrater à point dans les potages, tandis que le gluten granulé, à froid et séché, sous l'influence d'une douce température, restant perméable, s'hydrate en deux minutes dans un liquide à 100°, et permet ainsi de conserver au bouillon tout son arome : 40 à 45 grammes suffisent pour un litre de liquide. On conçoit aisément que, le gluten étant ainsi uniformément hydraté, sans qu'il ait été nécessaire de prolonger l'ébullition, le potage obtenu soit plus agréable, plus nourrissant et plus léger.

GLYCÉRINE. Un des produits de la saponification de la stéarine; c'est un corps liquide, incolore, inodore, sirupeux, d'une saveur sucrée, et tout à fait incristallisable; soluble en toutes proportions dans l'eau; combustible; l'acide nitrique se change en acide azotique, et l'acide sulfurique en sucre. Sa composition à l'état de combinaison est représentée par la formule $C^3 H^6 O^2$, qui donne : carbone, 49.2; hydrogène, 8.0; oxygène, 42.8; à l'état libre, elle renferme, en outre, un équivalent d'eau $H^2 O$.

La glycérine se forme ou se sépare, toutes les fois que l'on soumet une graisse ou une huile à l'action des bases. Ordinairement, on met parties égales d'huile d'olives et de litharge en poudre fine dans une bassine avec de l'eau; on fait bouillir, en ajoutant de l'eau chaude à mesure qu'elle s'évapore, et remuant sans cesse avec une spatule. Peu à peu la litharge disparaît, ainsi que l'huile, et l'on obtient une masse d'un blanc jaunâtre, qui forme *l'emplâtre diapalme* des pharmaciens. On ajoute de l'eau chaude et on décante la liqueur aqueuse; on la filtre, et on y fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui en précipite du sulfure de plomb. On filtre de nouveau, et on fait évaporer au bain-marie : le résidu sirupeux est la glycérine.

GNEISS ou *Granite rubanné*. Voyez GÉOLOGIE.

GOMME (*angl.* gum, *all.* gummi). On appelle *gomme*, en général, un produit végétal solide, à cassure nette et souvent vitreuse, d'une saveur fade et douceâtre, plus ou moins soluble dans l'eau, et susceptible de lui donner de la viscosité, c'est-à-dire de produire avec elle un mucilage plus ou moins épais. Lorsque cette solution est étendue sur une surface quelconque, elle forme, par sa dessiccation, un vernis solide que la chaleur ordinaire ne ramollit point. Le sous-acétate de plomb précipite les gommes de leur dissolution aqueuse à l'état de combinaison; l'alcool les précipite également, mais à l'état de pureté et seulement par suite de leur insolvabilité dans ce réactif. L'acide nitrique bouillant les change en *acide mucique*, blanc, pulvérulent, fort peu soluble. Par l'action du feu, elles fondent, se boursouflent et se décomposent avec le résidu de charbon.

Dans le commerce, on confond sous la même dénomination de *gomme* des substances très diverses, ainsi : la *gomme* ÉLÉMI, la *gomme* COPAL, etc., sont de véritables résines; la *gomme* AMMONIAQUE et la *gomme-gutte* sont des gommes-résines; la *gomme-élastique* ou CAOUTCHOUC est un corps particulier.

La plus importante des gommes est la *gomme arabique*, dont la plus estimée nous arrive du Sénégal, où elle est produite par le *mimosa senegal* de Linnée, arbre de 6 à 7^m de hauteur. Elle nous arrive de ce pays, en morceaux de forme variée, mais en général arrondie, incolores ou plus ou moins fortement colorés en jaune ou en rouge-brun, et contenant souvent des masses plus ou moins volumineuses, ou *marrons*, formée par l'agglomération de petits morceaux d'une gomme molle, empâtant des débris d'écorces et d'autres impuretés.

La gomme arabique est principalement composée d'*arabine*, principe soluble dans l'eau.

La gomme qui découle dans nos contrées sur les pruniers, les cerisiers, et autres arbres à noyaux, ressemble par ses caractères extérieurs à la gomme arabique, mais elle en diffère par ses propriétés. Traitée par l'eau, elle ne se dissout qu'en partie, et sa dissolution ne présente pas autant de viscosité. Elle renferme 52 p. 100 d'arabine et 35 p. 100 de *cerasine*, principe particulier insoluble dans l'eau, qui, par un ébullition prolongée dans ce liquide, finit par se convertir entièrement en arabine.

Les *gommes adrangante* et de *Bassora* qui découlent de deux arbrisseaux du genre *astragalus*, qui croissent dans l'Asie mineure, renferment plus de la moitié de leur poids d'un principe insoluble dans l'eau, qui porte le nom de bassorine. Ces gommes opaques ou légèrement translucides, blanches ou jaunâtres, se présentent en lanières ou filets élastiques et comme contournés. Elles sont fort peu solubles dans l'eau, mais elles forment avec elles des mucilages d'une grande consistance, ce qui fait que les pharmaciens et les confiseurs en font un usage très fréquent; on les emploie avec succès pour l'apprêt des rubans, des dentelles et de quelques autres tissus; enfin, on s'en sert, dans la fabrication des toiles peintes, pour l'application de certaines couleurs délicates.

GOMME ÉLASTIQUE. Voyez CAOUTCHOUC.

GOMME-GUTTE. Voyez GOMMES-RÉSINES.

GOMME LAQUE. Voyez LAQUE.

GOMMES-RÉSINES (*angl.* gums-resins, *all.* gummiharze). Les gommes-résines sont des produits végétaux qui, comme leur nom l'indique, participent à la fois de la nature des gommes et de celle des résines. La plupart d'entre elles étant décrites à leur nom, il ne nous en reste ici que quelques-unes à décrire; ce sont les suivantes :

ASSA-FŒTIDA. Gomme-résine produite par le *ferula assa-fœtida*, plante de la famille des ombellifères qui croît en Perse. On la récolte en faisant des incisions au collet de la racine; il en découle un suc laiteux assez épais qui se concrète à l'air. L'assa-fœtida, nous arrive en lames détachées et très pures, ou plus souvent en masses d'une consistance un peu molles, qui présentent dans leur cassure des lames d'un blanc-jaunâtre un peu transparentes, et qui, par le contact de l'air et de la lumière, ne tardent point à acquérir une couleur rosée.

Cette gomme-résine est très employée en médecine, à cause de ses puissantes propriétés anti-hystériques.

EUPHORBE. Cette gomme-résine est fournie par trois plantes de la même famille des euphorbiacées; elle exsude spontanément à la base des aiguillons géminés dont la plante est recouverte, et se concrète à leur surface; et de là vient que les lames de cette gomme-résine sont percées de trous dans toute leur longueur, où l'on retrouve encore ces aiguillons. L'euphorbe est ordinairement en petites larmes de la grosseur d'un pois, irrégulières, jaunâtres, demi-transparentes, sans odeur prononcée; mais si on en respire la poudre, en quelque faible quantité que ce soit, elle produit sur les membranes un effet excitant des plus violents; c'est ce qui rend sa pulvérisation très dangereuse.

L'euphorbe n'est usitée maintenant que comme un vésicant très énergique.

GOMME-GUTTE. Cette gomme-résine découle par incision du *stalagmitis cambogioides*, arbre qui croît surtout dans la presqu'île de Camboge et l'île de Ceylan. Elle nous arrive en gros morceaux cylindriques d'un brun-jaunâtre à l'extérieur, jaune-rougeâtre dans l'in-

Digitized by Google

térieur, sans odeur ni saveur, et à cassure nette et brillante, mais opaque; délayée avec l'eau, elle forme une émulsion de la même teinte, qui, appliquée sur le papier, s'y dessèche facilement, et y forme un vernis d'un jaune doré éclatant; aussi l'emploie-t-on avec avantage pour la miniature et l'aquarelle. En médecine, on s'en sert comme d'un purgatif très énergique.

SCAMMONÉE. Cette gomme-résine nous arrive du Levant, où on l'extrait par incision, autour du collet de la racine, du *convolvulus scammonia;* elle est en masse poreuse d'un gris cendré, friable, ayant une odeur de laitage aigri, et donnant une émulsion verdâtre avec la salive; délayée dans l'eau, elle y reste presque entièrement en suspension, et ne laisse que fort peu de résidu lorsqu'elle est pure. C'est un excellent purgatif très employé en médecine.

GONIOMÈTRE. Instrument servant à mesurer les angles des cristaux. Voyez MINÉRALOGIE.

GOUDRON MINÉRAL. On donne quelquefois le nom de *goudron minéral naturel* à certains BITUMES visqueux et demi-fluides, tels que celui de Lobsann, et qui servent à la préparation des dallages en bitume; le *goudron minéral artificiel*, l'un des produits des usines à gaz, est tantôt employé aux mêmes usages, tantôt utilisé dans les usines mêmes comme combustible.

GOUDRON VÉGÉTAL (*angl.* tar, *all.* theer). Voyez CARBONISATION et TÉRÉBENTHINE.

GOUGE. Ciseau cannelé en gouttière, à biseau extérieur ou intérieur, affûté, droit ou arrondi. Toutes les fois qu'on se sert d'une gouge dans l'intention de transmettre sa forme sur les matières ouvrées, le biseau du taillant doit être pratiqué en dedans de la cannelure; c'est ainsi que sont affûtées la plupart des gouges de menuiserie et de charpenterie. Quand on n'emploie la gouge que pour dégrossir plus promptement, le biseau doit être en dehors, comme cela se pratique pour la gouge du tourneur et certaines gouges de menuisier.

GRADUATION. (BATIMENTS DE). Voyez SEL MARIN.

GRAINE D'AVIGNON. Baies du *rhamnus infectorius*, plante cultivée dans le midi de la France. On les arrache, avant leur maturité, lorsqu'elles ont acquis une couleur verdâtre. On les emploie dans l'IMPRESSION SUR ÉTOFFES et la TEINTURE.

GRAINE DE LIN (*angl.* linseed, *all.* leinsame). Elle contient, étant sèche, 11,265 p. 100 d'huile; 0,146 de cire; 2,488 d'une résine molle; 0,550 d'une matière résineuse colorante; 0,926 d'une substance jaunâtre analogue au *tannin;* 6,154 de gomme; 15,12 de mucilage végétal; 1,48 d'amidon; 2,932 de glu; 2,782 d'albumine; 10,884 d'extrait de *saccharine;* 44,382 d'enveloppes renfermant quelque mucilage végétal. Elle renferme aussi de l'acide acétique libre, un peu d'acétate, de sulfate, et de muriate de potasse, du phosphate et du sulfate de chaux, du phosphate de magnésie, et de la silice. (Voyez HUILES).

GRAISSAGE DES MACHINES ET DES VOITURES. De tout temps les graisses ont été employées pour adoucir, diminuer les frottements de tous les cylindres destinés à frotter sur leur axe, de tous les pistons, de tous les rouages des machines. Sous le nom de cambouis, de vieux-oing, de graisse noire, de graisse muciligne, etc., on emploie aussi des graisses composées de différentes matières pour graisser les essieux des voitures, et des wagons des chemins de fer; la fabrication de ces graisses a pris une nouvelle et grande importance depuis l'établissement des voies ferrées où les wagons ne sauraient courir sans une boîte à graisse suffisamment garnie.

Graisses pour machines. Pour graisser les machines on se sert des compositions dont nous allons donner les formules :

1° D'un mélange d'environ parties égales de suif de Russie et d'huile d'olive; ce mélange qui entre en fusion à environ 30° est employé en Angleterre pour adoucir le frottement des pistons des machines à la Perkins;

2° D'un mélange de parties égales de suifs de mouton et de bœuf; ce mélange est très employé pour défendre les tiges des pistons des machines à vapeur de l'oxydation, qui, sans cette précaution, amènerait promptement leur destruction. A la partie supérieure des tiges est pratiquée une espèce d'entonnoir rempli de cette graisse que la chaleur de la machine maintient à l'état liquide. Cette graisse coulant peu à peu le long de la tige, revêt incessamment la surface d'une couche mince qui préserve le fer de l'humidité. C'est de cette même graisse que l'on imbibe le stuffen-box, ou la boîte à étoupes, c'est-à-dire du chanvre tordu qui est ensuite serré dans une sorte de boîte ou de gobelet par un écrou à vis, qui, la comprimant de plus en plus, lui fait rendre la quantité de graisse nécessaire à l'adoucissement du frottement des axes des cylindres. Dans la plupart des machines aujourd'hui employées, quelle que soit leur destination, on a eu soin, du reste, de placer de petits appareils qui d'eux-mêmes, par suite du jeu des machines, versent sur ces parties à graisser la quantité nécessaire de graisse sans que les ouvriers aient besoin d'intervenir autrement que pour remplir chaque jour ces appareils;

3° D'un mélange bien homogène de 16 parties de plombagine réduite en poudre très fine et de 84 parties de graisse de porc ou axonge;

4° Soude 125 grammes, eau 8 litres; on fait dissoudre la soude dans l'eau, et pour chaque litre de solution on prend 1 kilogr. 1/2 de suif bien pur, et 3 kilogr. d'huile de palme; on fait chauffer le mélange dans une marmite jusqu'à ce qu'il soit arrivé à 93°, en ayant soin de remuer sans cesse; on laisse ensuite refroidir jusqu'à une température de 45°; à ce moment, la masse doit avoir acquis une consistance analogue à celle du beurre. (Répertoire des patentes anglaises, 7 septembre 1834);

5° Solution de soude faite comme précédemment; huile de lin 8 litres, suif 75 grammes; on mêle, on fait chauffer le mélange jusqu'à 93°, en agitant, et on introduit dans des bouteilles; c'est ce qu'on appelle *graisse liquide;*

6° On trouve, dans le Journal des Connaissances usuelles, une autre formule imaginée par MM. Cowmeadon, Osborn et Valtoy. Nous craignons qu'elle ne donne un produit trop coûteux, qui de plus ne pourrait être employé pour les pièces en cuivre et en bronze que le mercure détériorerait :

Plombagine pulvérisée.	50
Saindoux.	50
Savon vert.	50
Mercure.	5

On fait d'abord amalgamer parfaitement ensemble le saindoux et le mercure; on ajoute, en mêlant, la plombagine, et enfin le savon vert.

Graisse pour wagons. Nous allons maintenant donner la composition d'une graisse importée d'Angleterre, et qui est employée dans plusieurs entreprises de chemins de fer :

Suif blanc.	120 kilogr.
Huile de poisson.	50
Résine.	20
Sel de soude.	18
Eau.	192
Total. .	400 kilogr.

On fait d'abord fondre la résine réduite en poudre fine dans la chaudière à suif où on ajoute le suif; la fusion étant complète, on verse l'huile de poisson et on

Digitized by Google

introduit le tout dans un tonneau muni d'un agitateur; on ajoute l'eau un peu tiède qui tient en dissolution le sel de soude; on agite, et on laisse couler dans des vases où la masse s'épaissit en un ou deux jours selon la température.

Graisse pour voiture. Depuis longtemps on emploie du goudron, dans quelques provinces de l'Est, pour graisser les machines et surtout les essieux des voitures. On fait ce qu'on appelle de la graisse d'asphalte, en mélangeant de l'huile de pétrole et de naphte, extraite des usines qui sont situées dans l'Alsace, avec du savon gris. Cette fabrication remonte à plus d'un siècle. D'après Saussure, on se sert en Suisse, de temps immémorial, d'une graisse noire, qui n'est autre qu'un produit de la distillation d'un pétrole concrété par de la chaux.

En 1828, M. Dive, de Mont-de-Marsan, a pris un brevet pour « un procédé de fabrication d'un enduit économique propre à préserver les objets extérieurs des effets de l'humidité, et à remplacer avec avantage, pour le consommateur, tous les corps gras dont on s'est servi pour graisser les roues des voitures. » Ce procédé consiste à concréter les huiles pyrogénées, c'est-à-dire celles de goudron, de résine, de bitume, par divers sels, sous-sels et oxydes métalliques; notamment, par le sous-acétate de plomb. M. Dive emploie 1 kilogramme d'huile pyrogénée de résine, à laquelle il ajoute 96 kilogr. d'un sous-acétate de plomb, qu'il fabrique, en faisant bouillir une dissolution de 3 kilogr. de sel de saturne dans 9 kilogr. d'eau distillée, et y projetant 2 kilogr. d'oxyde de plomb, demi-vitreux, bien pulvérisé.

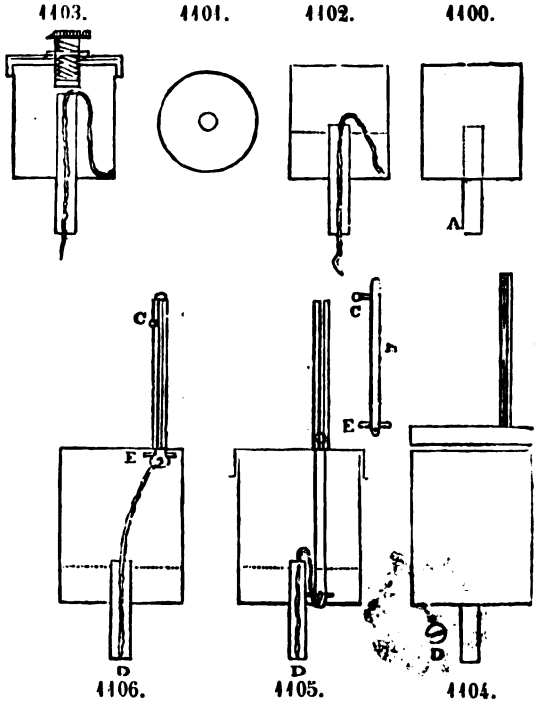
Tels sont les faits qui étaient connus, lorsqu'en 1837, MM. Payen et Buran prirent un brevet pour la concrétion des mêmes huiles de résine, de goudron, ou de bitume par la chaux, ce qui donne la *graisse noire*. Le principe de leur invention repose dans la distillation de la résine sur de la chaux introduite en même temps dans l'appareil distillatoire, afin d'enlever, disent-ils, l'acide acétique, qui, dans la distillation se forme en même temps que l'huile. Ils distillent la résine sur de la chaux en proportion de 5 à 10 p. 100 du poids de la résine; et il suffit ensuite, en opérant à froid, de mélanger à l'huile produite de 2 à 5 p. 100 de chaux, en remuant le tout ensemble, et en ne mettant la chaux que peu à peu, pour que toute l'huile se concrète.

Quoique MM. Payen et Buran prétendent avoir un produit suffisamment solide en employant une aussi faible quantité de chaux, il est arrivé, dans la pratique, que l'huile de résine coulait beaucoup trop facilement, et pour obvier à cet inconvénient, certains fabricants ont forcé la proportion de chaux jusqu'à en mettre 40 p. 100. On comprend qu'une si grande quantité de matière solide, infusible à une température peu élevée, comme celle produite par le frottement des essieux, doit être nuisible et donner lieu à un dépôt énorme de cambouis.

MM. Payn et comp., de Belleville, ont obvié à cet inconvénient, dans la fabrication de la *graisse mucilagne*. Ils distillent la résine sans ajouter de chaux, et, séparant les premiers produits un peu acides et un peu aqueux, ils concrètent le reste avec 10 p. 100 de suif, 10 p. 100 de talc et 5 p. 100 de chaux. Ils versent l'huile dans un tonneau muni d'un agitateur, y ajoutent le suif fondu, puis le talc et la chaux. Après quatre à cinq minutes d'agitation, ils laissent couler le produit qui ne tarde pas à se solidifier dans les caisses. Le suif, disent les fabricants que nous venons de nommer, empêche que la graisse ne durcisse sur les essieux, et le talc qu'elle ne coule trop facilement.

Les dispositions qui servent à utiliser ces substances diverses pour le graissage se réduisent, en général, à les placer dans des boîtes à graisse ou cavités, placées au-dessus du point de contact où le frottement a lieu. La chaleur produite par celui-ci fait fondre successivement la graisse qui s'écoule sur la pièce en mouvement.

Pour l'emploi des huiles liquides il faut employer des appareils qui ne permettent qu'un écoulement lent. Nous citerons ici l'appareil suivant (fig. 1100 à 1103) dû à M. Wolsey, qui fonctionne de lui-même d'une manière continue, et qui est remarquable par sa simplicité; un



godet d'étain, représenté en coupe et en plan fig. 1100 et 1101, porte un tube A ouvert par les deux bouts, qui s'élève jusqu'à une certaine hauteur au-dessus de son fond; on verse de l'huile dans le godet, et on prend une mèche de coton que l'on passe dans le tube A, et que l'on fait retomber dans l'huile (fig. 1102). Cette mèche forme syphon en vertu de sa capillarité, et l'huile s'écoule par son extrémité inférieure sur la pièce à graisser, avec une vitesse qui dépend de la longueur de la grosseur, et du plus ou moins de compacité de la mèche; on arrête l'écoulement de l'huile, en appuyant sur l'ouverture supérieure du tuyau A une vis qui traverse le couvercle du godet (fig. 1103). Le docteur Ure a remplacé cette vis par la disposition représentée fig. 1104 à 1106; cette disposition consiste dans l'emploi d'une tringle, mobile dans une coulisse, et à laquelle on fixe en E l'extrémité supérieure de la mèche; pour arrêter l'huile, on soulève la tringle, en la saisissant par le bouton C, jusqu'à ce que la mèche ne trempe plus dans l'huile; l'extrémité inférieure de la mèche est traversée par un petit fil de métal, qui est arrêté en D, et qui sert plus tard à la retirer. BARRAL.

GRAISSES (*angl.* fats, *all.* fette). On a donné le nom de graisses à des substances composées le plus souvent d'*oléine*, de *stéarine*, de *margarine*, et d'une faible quantité de principes odorants et colorants : elles renferment quelquefois de l'*hircine*, de la *butyrine* et de la *phocénine*. On trouve les graisses dans un grand

Digitized by Google

nombre de tissus animaux ; elles sont très abondantes sous la peau, autour des reins, de l'épiploon, etc.

La consistance, la couleur et l'odeur des graisses varient avec la nature des animaux qui les fournissent. Ainsi on a remarqué qu'elles sont fluides chez les cétacés, molles et d'une odeur forte chez les carnivores, solides et incolores chez les ruminants, ordinairement blanches et abondantes chez les jeunes animaux, jaunâtres et moins abondantes chez les animaux plus âgés ; enfin, dans un même animal, la consistance de la graisse varie suivant la partie où on la prend, elle est plus ferme sous la peau et près des reins qu'à l'entour des viscères mobiles.

Dans l'animal, les graisses ne se trouvent jamais isolées ; elles sont souvent enveloppées de tissus adipeux, et renferment des membranes, des vaisseaux lymphatiques, etc. Pour purifier les graisses, on leur fait subir un lavage à l'eau et une ou plusieurs fusions et filtrations, comme nous l'avons indiqué avec détail à l'article BOUGIE, en parlant de l'épuration du suif.

Les graisses sont, en général, blanches ou légèrement jaunâtres, peu odorantes, d'une saveur douce, et plus légères que l'eau, elles fondent toutes au-dessous de 100°. Chauffées au contact de l'air, elles répandent des fumées blanches et piquantes, et prennent une couleur plus ou moins foncée ; soumises à la distillation, elles se décomposent à la manière des huiles et fournissent des produits analogues. Par l'action des alcalis, les graisses se transforment en acides gras, qui s'unissent avec les alcalis pour former les SAVONS. Exposées au contact de l'air, elles en absorbent l'oxygène, elles rancissent, et il s'y développe des acides semblables à ceux qui se forment lors de la saponification.

Les graisses sont employées en très grande quantité dans les arts. La graisse de porc ou *axonge* est employée comme aliment ; elle forme la base des pommades cosmétiques et pharmaceutiques ; les corroyeurs et hongroyeurs l'emploient pour donner de la souplesse aux peaux ; on s'en sert pour graisser les essieux des voitures, les engrenages des machines, etc. (Voir l'article précédent). Les graisses de bœuf et de mouton servent à la fabrication des CHANDELLES, des BOUGIES *stéariques* et des SAVONS. Une foule d'autres graisses, celles d'oie et de veau, sont encore employées comme aliment. La graisse d'ours, la moelle de bœuf, etc., qui entraient autrefois dans la préparation des cosmétiques, sont actuellement remplacées par la graisse de veau, qui, très blanche et peu disposée à rancir, convient bien pour cet emploi ; comme elle est généralement trop consistante on la mélange avec une proportion variable d'axonge.

GRAISSE DES VINS. Voyez VIN.

GRANITE. Sorte de roche très répandue dans la nature. Voyez GÉOLOGIE.

GRAVURE. La gravure est la production d'un dessin sur une matière dure, généralement dans le but de le reproduire un grand nombre de fois, le plus ordinairement par l'impression (gravure en creux, en relief), quelquefois par la percussion ou le moulage (gravure en caractères, gravure des médailles).

GRAVURE EN CREUX *ou en taille-douce*. Dans cette gravure les traits du dessin sont creusés dans une planche plate. Ces creux, remplis de noir, servent à donner sur une feuille de papier les épreuves du dessin, gravé, par les procédés de l'IMPRIMERIE EN TAILLE-DOUCE.

Le premier soin du graveur est de se procurer une planche de cuivre rouge, ou d'acier, parfaitement homogène, afin que les actions chimiques l'attaquent bien également, et qu'elle n'offre pas des points de résistance variable. Ce cuivre lui est livré par le PLANEUR, parfaitement dressé et poli.

Pour graver en taille-douce on emploie deux procédés, l'eau-forte et le burin ; le plus souvent l'eau-forte sert à faire la plus grande partie du travail, et le burin sert à achever.

GRAVURE A L'EAU-FORTE.

Pour graver à l'eau-forte il faut couvrir la planche d'un vernis ; c'est en enlevant sur ce vernis les lignes du dessin et creusant au moyen d'un acide les lignes ainsi découvertes, que s'obtient la gravure.

Des vernis. Parmi les vernis nous citerons celui de M. Lawrence, qui est composé comme il suit : On prend de la cire vierge et de l'asphalte, de chaque 2 parties ; de la poix noire et de la poix de Bourgogne, de chaque, 1 partie. On fond la cire et la poix dans un pot de terre verni, et on y ajoute, par degrés, l'asphalte en poudre fine. On chauffe le tout jusqu'à ce qu'une goutte refroidie se brise, en la pliant deux ou trois fois entre les doigts. Le vernis étant alors ôté de dessus le feu, et un peu refroidi, doit être versé dans de l'eau chaude, où il peut être travaillé plus aisément avec les mains, de manière à être mis sous forme de boules, qui doivent être pétries et mises dans un morceau de taffetas pour l'usage.

On doit préparer un vernis plus dur dans l'été que dans l'hiver ; ce qu'on obtient en le chauffant plus longtemps ou en augmentant la proportion d'asphalte ou résine brune employée.

Préparation du vernis fort, employé par Callot, et appelé communément vernis de Florence. Prenez une partie d'huile grasse très claire, ou de bonne huile de graine de lin, comme celle dont les peintres font usage ; chauffez-la dans un vase de poterie vernissée, mettez-y ensuite autant de mastic bien pulvérisé, remuez le mélange vivement jusqu'à ce que le tout soit bien mêlé, passez alors la masse à travers un morceau de toile, et conservez-la dans une bouteille de verre, qui puisse être bouchée très exactement pour l'usage qui sera expliqué ci-dessous.

Méthode d'appliquer le vernis sur la planche, et de le noircir. La planche étant bien polie et brunie, nettoyée de toute crasse avec du blanc d'Espagne, on la serre dans un étau à main, sur le bord ou il n'y a rien à graver, afin de pouvoir la manier lorsqu'elle est chaude. On la met ensuite sur un réchaud dans lequel il y a un feu modéré, et on couvre toute sa surface également d'une légère couche de vernis, avec un petit tampon fait de coton, enveloppé dans du taffetas, opération qui unit et distribue le vernis également sur toute la plaque.

Lorsque cette plaque est ainsi uniformément et légèrement couverte de vernis, elle doit être noircie afin qu'on aperçoive bien les traits du dessin. On se sert d'un flambeau composé de huit ou dix brins de bougie, filée, tordus ensemble, qui produisent beaucoup de fumée. Le vernis doit être noirci avant d'être froid ; et lorsqu'il se refroidit, la plaque doit être chauffée de nouveau, parce qu'il faut que le vernis soit dans un état pâteux lorsque cette opération est exécutée. Mais on doit avoir grand soin de ne point le brûler, et l'on peut s'apercevoir aisément de cet accident à la seule inspection du vernis qui perd son lustre.

Transport du dessin sur la planche. On transporte le dessin sur la planche à l'aide des divers procédés de décalquage que nous avons décrits à l'article DESSIN, nous n'y reviendrons pas ici.

Des pointes. Pour enlever le vernis dans toutes les parties correspondantes aux traits du dessin, le graveur trace ceux-ci au moyen de pointes.

La façon de faire des pointes la plus facile est de choisir des aiguilles à coudre de différentes grosseurs, d'en armer de petits manches de bois de la longueur d'environ 12 à 15 centimètres, et de les aiguiser pour les rendre plus ou moins fines, suivant l'usage qu'on veut en faire. Quant à la manière de les monter, c'est

Digitized by Google

ordinairement une virole de cuivre qui les unit au bois, au moyen d'un peu de mastic ou de cire d'Espagne. On appelle du nom de *pointe* en général toutes ces sortes d'outils ; mais le nom d'*échoppes* distingue celles des pointes dont on aplatit un des côtés, de sorte que l'extrémité n'en soit pas parfaitement ronde, mais qu'il s'y trouve une espèce de biseau.

Quand on a tracé sur la planche, en ôtant le vernis, avec les pointes et les échoppes, tout ce qui peut contribuer à rendre plus exactement le dessin ou le tableau qu'on a entrepris de graver, il faut examiner si le vernis ne se trouve pas égratigné dans les endroits où il ne doit pas l'être, soit par l'effet du hasard, soit parce qu'on a fait quelques faux traits ; et lorsqu'on a remarqué ces petits défauts, on les couvre avec un mélange de noir de fumée en poudre et de vernis liquide formé d'asphalte dissous dans de l'essence de térébenthine. Après avoir donné à ce mélange assez de corps pour qu'il couvre les traits qu'on veut faire disparaître, on l'applique avec des pinceaux à laver ou à peindre en miniature.

Morsure à l'eau-forte. L'eau-forte dont on doit se servir n'est pas la même pour le vernis dur et pour le vernis mou.

Quand on veut mettre l'eau-forte sur la planche dans le vernis de laquelle on a gravé le dessin, on commence par border la planche avec de la cire, afin qu'elle puisse retenir l'eau-forte. La cire dont les sculpteurs se servent pour leurs modèles est très propre à cet usage. On l'amollit assez aisément en la maniant, si c'est en été ; si c'est en hiver, on l'amollit au feu. Avec cette cire ainsi ramollie, on fait autour de la planche un bord haut de 2 à 3 centimètres, en forme de petite muraille ; en sorte qu'en posant la planche à plat et bien de niveau, et versant ensuite l'eau-forte, elle y soit retenue par le moyen de ce bord de cire, sans qu'elle puisse couler ni se répandre. On pratique à l'un des coins de cette petite muraille de cire une gouttière ou petit canal, pour verser plus commodément l'eau-forte.

La planche étant ainsi bordée, on y verse l'eau-forte affaiblie au degré convenable, jusqu'à ce qu'elle en soit couverte de 8 à 10 millimètres. Quand on juge que l'eau-forte a agi suffisamment dans les touches fortes, et qu'elle commence à faire son effet sur les touches tendres (ce qui est facile à connaître en découvrant un peu le cuivre avec un charbon doux), on verse l'eau-forte dans un pot de faïence, et l'on remet tout de suite de l'eau commune sur la planche, pour ôter et éteindre ce qui peut rester d'eau-forte dans la gravure.

La morsure se fait le plus souvent à plusieurs reprises, et à chaque fois le graveur recouvre de vernis mou les parties qui doivent être peu attaquées, dont les tailles doivent être peu profondes.

Pour ôter le vernis de dessus la planche, après que l'eau-forte y a fait tout l'effet que l'on désire, on se sert d'un charbon de saule, que l'on passe sur la planche en frottant fortement, et en mouillant d'eau commune ou d'huile la planche ou le charbon.

Lorsque le vernis est ôté de dessus la planche, le cuivre demeure d'une couleur désagréable, qu'on fait aisément disparaître en la frottant avec un linge trempé dans de l'eau mêlée d'une petite quantité d'eau-forte. Ensuite, après l'avoir essuyée avec un linge sec et chaud, on l'arrose avec un peu d'huile d'olive ; on la frotte de nouveau assez fortement avec un morceau de feutre de chapeau, et enfin on l'essuie avec un linge bien sec.

Parmi les nombreuses recettes d'eaux-fortes, nous nous contenterons de signaler les suivantes :

Acide nitrique.	1 partie.
Eau.	2 parties.
Nitrate de cuivre. . . .	60 gram. par litre.

Pour une action moins énergique :

Acide nitrique.	1 partie.
Eau.	4 parties.

L'eau-forte employée par Callot pour terminer la planche après l'action de l'eau-forte, afin d'en foncer et d'en terminer les parties délicates, se compose de :

Fort vinaigre. .	8 parties
Vert-de-gris. .	4 —
Sel ammoniac. .	4 —
Sel marin. . . .	4 —
Alun.	1 —
Eau	16 —

Planches d'acier. L'acier se grave à l'eau-forte comme le cuivre, et ce genre de planche présente l'avantage de pouvoir supporter des tirages beaucoup plus considérables. Le mordant seul diffère. Nous rapporterons les composés suivants :

Eau distillée. .	15 parties.
Alcool. . . .	2 parties.
Acide nitrique. .	1 partie.
Nitrate d'argent.	1 gram. par litre du mordant.

Le mordant de Turrell, artiste anglais, pour la gravure à l'eau-forte sur acier, est préparé comme il suit :

Prenez :

Acide pyro-ligneux.	4 parties.
Alcool.	1 partie (mêlez et ajoutez).
Acide nitrique. . .	1 partie.

Cette liqueur mélangée doit être appliquée de 1 1/2 à 15 minutes, selon la profondeur désirée.

M. Deleschamps, dans son excellent *Traité de la gravure*, a établi théoriquement, d'une manière très nette, les conditions auxquelles doivent satisfaire les mordants. Nous en extrayons ce qui suit :

« Le problème à résoudre était celui-ci : obtenir une morsure à la fois nette et profonde, sans élargir sensiblement les tailles, sans ronger les parties latérales.

« Pour résoudre ce problème, nous nous sommes fondé sur la théorie physique et chimique que nous allons exposer.

« Nous avons pris un mélange de trois substances : l'une de ces substances dont la pesanteur spécifique est la plus considérable, est le principe le plus agissant, c'était de l'*acétate d'argent ;* la deuxième est le principe non agissant, c'était de l'*éther nitreux hydraté ;* enfin, le troisième est le principe revivifiant, c'était de l'*acide nitreux*.

« Aussitôt que le mélange de ces trois corps se trouve en contact avec les parties découvertes des planches métalliques, l'acétate d'argent, ou corps agissant, qui n'entre que pour un centième dans la dissolution, se précipite dans la partie inférieure de la taille, où il exerce une action très prompte et très énergique. Les quatre-vingt-dix-neuf parties supérieures de la même taille, étant occupées par l'éther nitreux, se trouvent garanties par sa présence. Ainsi, pendant l'action de la morsure, voici le phénomène qui a lieu :

« L'acétate se trouve précipité au fond des tailles ; et par la grande facilité de sa réduction, lorsqu'il est en contact avec certains métaux comme l'acier, le cuivre et les alliages de celui-ci, il les creuse graduellement en profondeur, et se trouve revivifié successivement par l'acide nitreux pour que l'action de la morsure continue. »

Voici la composition du mordant dit *glyphogène*, que M. Deleschamps propose pour la gravure sur acier.

Prenez :	Acétate d'argent. . .	8 grammes.
	Alcool rectifié.	500
	Eau distillée.	500
	Acide nitrique pur. .	260
	Éther nitreux.	64
	Acide oxalique. . . .	4

Digitized by Google

Un contact d'une demi-minute entre le glyphogène et le métal suffit pour produire les trous légers, et le même liquide peut servir deux ou trois fois, si le travail exige plusieurs tons, en évitant toutefois de reverser sur la planche le précipité qui se forme pendant la morsure.

Gravure au burin. Le burin est une petite barre d'acier trempé, dont la section présente, soit un carré, soit un losange plus ou moins allongé. On affûte les burins en dressant sur une pierre à l'huile leur extrémité, suivant un plan plus ou moins incliné sur l'axe, d'où résulte une pointe plus ou moins soutenue formée par ce plan et deux faces du burin. Ainsi, pour la gravure sur acier, l'inclinaison doit être moindre que pour le cuivre; si le bec était trop aigu, le burin s'égrénerait à chaque instant.

La soie du burin s'enfonce dans un manche en forme de champignon, dont on enlève une partie qui empêcherait d'incliner suffisamment le burin.

Il est clair qu'en faisant agir le burin sur la planche de cuivre, on creusera un sillon et on enlèvera un copeau. En levant le poignet le burin s'enfoncera davantage, le trait deviendra plus large; ce sera le contraire en l'abaissant. Enfin, pour les parties circulaires, on trouve souvent avantage à faire mouvoir de la main gauche la planche, pendant que la main droite guide le burin.

On voit que pour graver au burin, soit qu'on fasse entièrement des planches par ce procédé, soit qu'on complète l'effet de l'eau-forte, il faut peu d'apprêt et peu d'outils. Une planche de cuivre rouge bien polie; un coussinet de cuir rempli de son ou de laine pour la soutenir; une pointe d'acier pour tracer; divers burins bien acérés pour inciser le cuivre; un outil d'acier qui a, d'un bout, un brunissoir pour polir le cuivre, et, de l'autre bout, un grattoir triangulaire et tranchant pour le ratisser; une pierre à huile, montée sur son bois pour affûter les burins; enfin un tampon de feutre noirci, dont on frotte la planche pour en remplir les traits, et les mieux distinguer à mesure que la gravure s'avance, sont tout l'équipage d'un graveur au burin, n'ayant besoin d'ailleurs d'aucun autre apprêt, pour préparer sa planche, ni pour la graver: le succès dépend d'un grand goût de dessin pour la disposition, et d'une main sûre et légère pour l'exécution.

Gravure en manière noire. Cette gravure a l'avantage d'être beaucoup plus prompte et plus expéditive que celle en taille-douce. La préparation du cuivre est longue et ennuyeuse, mais on peut se reposer de ce travail sur des gens qu'on aura dressés à cela; il ne s'agit que d'un peu de soin, d'attention et de patience.

Pour cette préparation, on se sert d'un outil d'acier appelé *berceau*, qui est d'une forme circulaire, afin qu'on puisse le conduire sur la planche sans qu'il s'y engage; il est armé de petites dents très fines, formées par les hachures que l'on a faites à l'outil en gravant dessus des traits droits, fort près les uns des autres et très également espacés.

On balance ce berceau sur la planche sans appuyer beaucoup, en sens horizontal, en sens vertical, et en diagonale. Il faut recommencer cette opération environ vingt fois, pour que le grain marqué sur le cuivre soit d'un velouté égal partout et bien moelleux; car c'est de l'égalité et de la finesse des hachures, marquées par l'instrument sur la planche de cuivre, que dépend toute la beauté de cette gravure. C'est cette finesse de hachures en tous sens que l'on appelle grain velouté et moelleux, parce que, si on imprimait avec cette planche ainsi préparée, elle donnerait au papier l'apparence d'un velours de la même couleur que celles qu'on aurait employée pour l'impression.

Cette opération se fait aujourd'hui très bien par procédés mécaniques.

Quand la planche est entièrement préparée, comme nous venons de le dire, on calque son trait sur le cuivre en frottant le papier du trait par derrière avec de la craie; comme elle ne tient pas beaucoup, on peut la redessiner ensuite avec de la mine de plomb ou de l'encre de la Chine.

La gravure se fait en grattant et usant le grain de la planche, de façon qu'on ne le laisse intact que dans les touches les plus fortes. On commence d'abord par les masses de lumières : on va peu à peu dans les reflets; après quoi l'on noircit toute la planche avec un tampon de feutre pour en voir l'effet.

Cette gravure n'est pas propre à toutes sortes de sujets comme celle au burin; ceux qui demandent de l'obscurité, comme les effets de nuit et les tableaux où il y a beaucoup de bruns, sont les plus faciles à traiter. Elle a le défaut de manquer de fermeté, et ce grain dont elle est composée lui donne une certaine mollesse qui n'est pas facilement susceptible d'une touche hardie. Elle est cependant capable de grands effets par suite de l'obscurité qu'elle laisse dans les masses.

Gravure à l'aquatinte. La gravure à l'aquatinte est une espece d'eau-forte, qui offre un réseau très serré qui s'obtient par une action chimique.

La planche étant vernie, on recouvre avec un pinceau trempé dans un mélange d'huile d'olive, d'essence de térébenthine et de noir de fumée, les parties qui doivent recevoir le grain. Ce mélange dissout le vernis qu'on enlève facilement avec un linge.

Plaçant la planche, ainsi partiellement découverte, dans une caisse dans laquelle on soulève par un soufflet de la résine en poudre très fine, sa surface se trouve recouverte de grains que l'on fixe à la planche en la faisant chauffer un peu. On grave alors à la pointe, puis on fait mordre à l'acide, et, par la répétition de ces opérations, on obtient la gravure et les effets de tons foncés qui sont le propre de ce genre de gravure.

Gravure de la musique. On se sert pour cette gravure, de planches d'étain de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, planées, polies et préparées par le potier d'étain. Le graveur les reçoit ainsi prêtes à être gravées.

Il prend d'abord ses mesures pour déterminer la quantité de *portées* qu'il veut mettre sur la planche (on appelle *portées* les cinq lignes ou barres sur lesquelles on écrit les notes de musique); ensuite il prend la mesure des distances de ces lignes, et les pique de la pointe du compas.

Si l'on doit graver des paroles sous la musique, c'est par là qu'il faut commencer : l'on trace d'abord deux petites lignes très légeres pour déterminer la hauteur des lettres; ensuite l'on trace de même les distances des lettres et des paroles, relativement à la quantité de notes de musique que l'on doit mettre sur chaque syllabe.

La planche étant ainsi préparée, on grave les lignes des portées avec un instrument appelé *couteau*, que l'on conduit le long d'une règle de fer ou de cuivre; ensuite, avec un instrument à trois quarres, appelé *grattoir*, l'on ébarbe ces lignes, après quoi on les polit avec un autre instrument d'acier très poli, que l'on appelle *brunissoir*. Cela fait, l'on pose la planche sur un morceau de pierre ou de marbre pour y frapper aux endroits convenables toutes les différentes figures de la musique, que l'on appelle *clefs*, *noires*, *croches*, *rondes*, *blanches*, *dièzes*, *bémols*, *bécarres*, *soupirs*, *demi-soupirs*, les *signes des renvois*, et même le *point*.

Toutes ces notes, ou figures, se frappent avec des poinçons, au bout desquels elles sont gravées en relief.

Le poinçon avec lequel on frappe la tête de la *noire*, sert aussi pour toutes les têtes de *croches et doubles croches*, etc., dont la figure ne differe de celle de la *noire*, que parce qu'elles ont au bout de leur queue un crochet simple ou double, triple, etc. Le poinçon de la

Digitized by Google

ronde sert de même pour frapper la *blanche*, qui ne diffère de la *ronde* qu'en ce qu'elle a une queue dont la ronde est privée.

Quand une note passe les cinq lignes gravées, on reprend, avec le compas, un entre-deux de ces lignes, que l'on reporte en haut ou en bas, autant de fois que la note qu'il s'agit de placer a d'intervalles au-dessus ou au-dessous.

Lorsque toutes les têtes des notes, et les autres figures, sont frappées, on plane la planche sur une espèce d'enclume ou tas très poli, pour la redresser, et rendre plus nettes et plus unies toutes les figures qui ont été frappées. Les queues des *noires*, *blanches*, *croches*, et *doubles croches*, se gravent avec le burin. Si plusieurs *croches* ou *doubles croches* sont liées ensemble, pour lors on se sert d'un instrument appelé *échoppe* pour graver les barres qui les lient ensemble. Les *pauses* et *demi-pauses* se gravent aussi avec l'*échoppe*. Certains demi-cercles, que l'on appelle *liaison*, se font avec le burin. Les *accolades* que l'on emploie pour joindre deux ou trois *portées* ensemble, et quelquefois plus, se gravent avec l'échoppe.

Toutes ces opérations étant faites, on polit la planche avec le brunissoir et un peu d'eau, pour effacer tous les petits traits ou rayures qui peuvent y avoir été faits par ces différentes manœuvres, et qui empêcheraient la netteté de la gravure si on les laissait subsister; ensuite on envoie la planche chez l'imprimeur en taille-douce, qui en tire une épreuve. Si, en examinant cette épreuve, il se trouve quelques notes, principalement des têtes de noires, blanches, ou autres figures, qui aient été frappées mal à propos, on prend un compas, que l'on appelle *compas à repousser*, dont les deux pointes sont retournées en dedans, et se rejoignent ensemble. On pose une pointe de ce compas sur la fausse note, et de l'autre pointe on fait une marque à l'envers de la planche; ensuite on repousse cette note par l'envers avec un poinçon. Cette opération occasionne dans cet endroit de l'envers de la planche un creux assez considérable pour être obligé d'y faire couler de la soudure; ce que l'on fait en plaçant une chandelle allumée sous la planche, à l'endroit de la faute à corriger; et à l'envers de la planche, on place un morceau de soudure sur le petit creux : aussitôt que la soudure est fondue, on ôte la lumière promptement; ensuite on plane cette place d'un côté et de l'autre, après quoi on y frappe la note telle qu'elle devrait être, et enfin on la plane de nouveau. Si la faute ne consiste qu'en une queue de note qui n'ait point été gravée profondément, il suffit, après l'avoir grattée avec le *grattoir*, de repousser à sa place l'envers de la planche avec le marteau, pour y graver ensuite la figure telle qu'on la désire.

Il y a quelques anciennes musiques gravées sur cuivre; mais l'ouvrage est plus long à faire, plus difficile à corriger, et la dépense des planches est beaucoup plus considérable.

Machine à graver. Conté a inventé une machine à graver avec laquelle on fait avec la plus grande régularité des séries de lignes parallèles également espacées, comme cela est nécessaire pour les ciels des grandes gravures. Elle se compose essentiellement d'une règle ou d'un cylindre portant des ondulations que l'on fait mouvoir au moyen d'une vis de rappel d'un mouvement parfaitement régulier, et d'une pointe (en diamant, pour qu'elle ne puisse s'émousser), qui trace une ligne le long de cette règle.

Machine de M. Colas. Une machine dont les produits ont beaucoup attiré l'attention publique dans ces dernières années, est celle au moyen de laquelle M. Colas a reproduit, gravés en taille-douce, sur une planche d'acier ou de cuivre, les effets de relief ou d'enfoncement d'une médaille ou d'un bas-relief. Cette machine n'a pas été décrite, voici à peu près comment on peut concevoir son action d'après les résultats obtenus.

Supposons une médaille placée sous la pointe à tracer d'un pantographe, un burin à la place du crayon, une planche de cuivre à la place du papier qui reçoit la copie. Que par un mécanisme quelconque, le burin s'enfonce ou s'élève en proportion des saillies de la médaille, on aura, en suivant celle-ci avec la pointe à tracer, une gravure formée de traits dont la largeur variera avec ces mouvements, et qui reproduira parfaitement les reliefs. Ce qui prouve bien que l'invention de M. Colas repose sur ces mouvements du pantographe dans divers plans, c'est que sa découverte de la machine à graver a été suivie de celle de la machine à sculpter, qui exigeait la solution complète de ce problème, que l'invention du tour à portraits, destinée à la copie des médailles, avait déjà tenté de résoudre en partie.

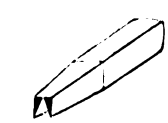
L'invention de M. Colas, très remarquable au point de vue de l'art, et qui a permis de faire la remarquable collection du *Trésor de Numismatique*, et de répandre ainsi, en quelque sorte, les médailles les plus rares et les plus précieuses, offre surtout un grand intérêt pour la fabrication des billets infalsifiables, en tant que copie par la gravure.

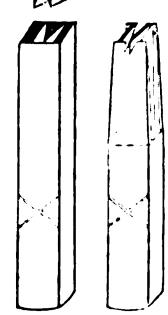
En effet, qu'on soumette à la machine de M. Colas un bas-relief, dont on ait enlevé irrégulièrement quelques parties, et qui fera par suite un type unique; on pourra reproduire ce bas-relief sur un billet, recouvert ainsi d'une quantité indéfinie de lignes variant d'écartement et d'intensité, et qu'aucun travail de gravure ne saurait reproduire avec une exactitude suffisante pour tromper l'œil le moins exercé.

GRAVURE EN TYPOGRAPHIE. S'il est un fait bien certain pour toutes les personnes qui ont étudié la typographie, c'est que celle-ci n'a été réellement inventée, n'est passée à l'état d'art mécanique, que le jour où les procédés de la fonderie en caractères ont été créés. Que l'on réfléchisse à l'immense travail qui serait nécessaire pour graver les caractères qui forment une seule feuille, pour dresser toutes les tiges, afin qu'elles remplissent toutes les conditions que nécessite la composition (voyez IMPRIMERIE), et on concevra que ce travail serait très coûteux et d'une exécution presque impossible? Aussi paraît-il que Guttenberg fut arrêté longtemps par cet obstacle, qui ne fut levé que quand Schœffer, initié déjà comme orfèvre à l'emploi du poinçon d'acier, eut inventé la fonderie.

Cet article est destiné spécialement aux procédés de la gravure du poinçon d'acier, servant à produire par son enfoncement dans le cuivre le creux ou matrice nécessaire à la FONDERIE, seul moyen de faire un creux en cuivre dont le fond soit parfaitement pur, jusqu'à l'invention de la galvanoplastie, en même temps que la résistance de l'acier permet seule d'obtenir des fins très déliés, des parties très délicates.

4108.





4109. 4107.

Le travail du graveur, que ni le fondeur ni l'imprimeur ne peuvent modifier et qu'ils peuvent seulement reproduire, exige par cela même le plus grand soin.

Des poinçons et contre-poinçons. Le poinçon est une tige d'acier de 4 à 5 centimètres de longueur. Sur une extrémité est gravée la figure d'un caractère (fig. 4107), l'autre étant arrondie. Le poinçon doit représenter

Digitized by Google

la lettre retournée, car, par suite des deux opérations qui suivent la gravure, le caractère servant à l'impression étant disposé dans le même sens que le poinçon, il est bien clair que l'impression produit un retournement, qui donnera par suite le caractère imprimé dans son véritable sens.

Le contre-poinçon est une petite tige d'acier de 2 centimètres au plus de longueur (fig. 1108). Son extrémité aigue doit avoir la forme des parties évidées de la lettre qu'on doit graver et est destinée à les former par percussion.

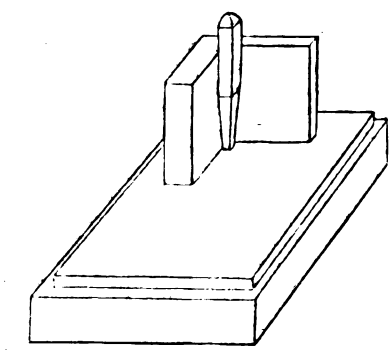
Ce qu'il faut d'abord considérer avant de procéder à la gravure est de choisir de l'acier de bonne qualité, qui prenne bien la trempe sans être sujet à s'égrener.

L'acier fondu Huntzmann satisfait très bien à ces conditions, sa trempe très dure ne laisse courir aucune chance de déformation des traits fins, et occasionne rarement la rupture de quelques parties. Néanmoins il faut prendre de l'acier de cémentation, dit *acier d'Allemagne*, de bonne qualité, pour les gros poinçons, les accolades, etc., qui ont à résister à des efforts plus considérables.

Pour travailler l'acier et l'amener à la forme voulue, le graveur emploie un certain nombre d'outils que nous allons passer en revue.

Pierre à l'huile et équerre, servant à polir la surface du poinçon, à user la partie défectueuse pour lui substituer une surface plus large.

Sur une pierre à l'huile (fig. 1110) bien dressée, on



1110.

pose à plat une forte équerre en fer, ayant environ 3 centimètres de hauteur. Les faces qui reposent sur la pierre sont d'équerre avec les faces intérieures (qui sont elles-mêmes d'équerre entre elles).

Le poinçon étant un peu dégrossi à la lime tant à la surface sur laquelle doit être tracé l'œil de la lettre qui est dressé plat, que sur deux faces du poinçon amenées à être assez sensiblement d'équerre (l'acier en barres est le plus souvent ainsi en sortant du magasin du marchand) ; ces faces sont toujours celles qui sont appliquées au fond de l'équerre, afin que le poinçon se trouve toujours dans la même position.

Le poinçon étant donc placé dans l'équerre et y étant assujetti et en même temps pressé sur la pierre, par le pouce de la main qui tient l'équerre, est promené sur la pierre jusqu'à ce que sa surface soit bien polie.

Quand quelque imperfection dans la gravure, quelque tracé défectueux aura été fait sur la surface du poinçon, en le replaçant dans l'équerre, la surface portant bien à plat, dans la position identique à celle de cette première opération, la surface sera usée et diminuée également de manière à offrir une nouvelle surface ayant les traits du premier travail suffisamment engraissés pour qu'on puisse le reprendre de nouveau et faire disparaître le défaut reconnu.

Petite équerre. Les graveurs emploient une petite équerre à arêtes très fines pour vérifier l'angle formé par les jambages des lettres avec leurs traits horizontaux, qui doit être parfaitement égal à un angle droit, afin que les traits formant une ligne horizontale, les jambages soient verticaux, ce qui est la première et la plus importante condition du caractère romain.

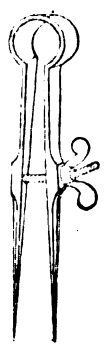
Outils tranchants et limes. Les limes servent à dresser les parties extérieures du poinçon, et doivent varier de grandeur et de finesse de taille suivant qu'il s'agit d'ébaucher ou de finir. Les burins qu'emploie le graveur sont affûtés *camards* pour ne pas refouler sur l'acier. Pour les parties très fines il est bon d'employer une lame affûtée sous un angle plus aigu, dit *canif* ou *échoppe plate*.

Tas. Le tas employé par les graveurs consiste en une masse de fer, percée d'un trou carré d'environ 0m,015 de côté dans lequel on peut placer un poinçon et l'y retenir par des vis placées sur les côtés. Souvent on fait ce tas rond par la partie inférieure, de telle sorte qu'en le plaçant sur un coussin percé dans son milieu, il peut servir à manier facilement un gros poinçon placé dans son centre. Cette disposition est souvent employée dans la gravure des grosses vignettes.

Loupe. Tout le travail du graveur est fait avec l'aide d'une loupe à court foyer, qui, augmentant toutes les dimensions, lui permet d'apprécier les moindres différences de graisse, de calibre, etc.

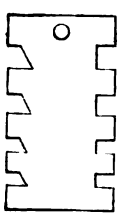
Pointe à tracer. Le graveur emploie la pointe à tracer pour dessiner sur la surface de l'acier les contours du dessin qu'il veut exécuter. Le dessin doit être arrêté avec assez de précision par le graveur, quand il s'agit d'objets un peu compliqués, pour qu'il ne soit pas exposé à recommencer son travail pour avoir enlevé quelque partie du dessin.

Compas. Servant à fixer les dimensions des tracés (fig. 1111).



1111.

Foret. Quelques graveurs emploient peu le contre-poinçon aujourd'hui. Il est en effet souvent assez long à faire, dans certains cas, pour ne donner cependant qu'assez grossièrement le vide qu'il s'agit d'obtenir, et a toujours l'inconvénient de fatiguer l'acier et de rendre les accidents plus fréquents lors de la trempe. Pour s'en dispenser on perce un trou, à l'endroit à creuser, au moyen d'un très petit foret mû par un archet, et on termine le vide à l'échoppe. Quelquefois même on peut se dispenser de cette opération, et après avoir enlevé un peu de matière avec un burin frappé par un marteau, terminer entièrement avec les outils tranchants. On opère toujours ainsi pour les gros caractères



1112.

Calibre. Le calibre (fig. 1112) est en général un petit morceau de tôle mince, sur les bords duquel on pratique des entailles égales aux hauteurs que doivent avoir les diverses lettres d'un même caractère, et sert à vérifier cette dimension. Si le caractère à graver est penché, on taille suivant cette pente le fond de l'entaille du calibre, afin de vérifier la pente en présentant le poinçon.

Pour éviter de tailler un calibre pour chaque caractère on emploie plusieurs systèmes de calibres pouvant donner toutes les dimensions par un mouvement de vis, dispositions que chaque graveur varie à sa guise. Nous donnerons seulement une idée d'un des plus complets.

Digitized by Google

Qu'on se représente deux montants traversant de petites barres, glissant parfaitement d'équerre sur eux. Qu'à chacune de ces barres soit fixée une vis ayant son écrou dans une des deux barres transversales qui assemblent les extrémités des montants; il est clair qu'on aura, en faisant marcher les vis, l'écartement voulu entre deux barres quelconques, écartement qui servira de calibre. — Pour l'italique, une barre droite fixée sur un des montants et pouvant tourner à volonté viendra rencontrer les calibres et pourra ainsi fournir l'inclinaison dont on a besoin.

Ce calibre a le défaut d'être lourd et peu maniable; aussi pratiquement se sert-on toujours soit du premier, soit d'un système consistant simplement en un calibre formé de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile au moyen d'une vis de rappel fixée sur la première partie.

Travail du graveur. Le mode de travail du graveur au moyen des outils que nous venons de décrire, est maintenant facile à expliquer. Après s'être procuré de l'acier en barres carrées de grandeur convenable et de bonne qualité, il le découpe en longueurs de 4 à 5 centimètres, il fait recuire ces morceaux dans du poussier de charbon pour adoucir l'acier sans le désaciérer.

Dressant ensuite la face sur laquelle il doit graver, d'abord à la lime, puis sur la pierre à l'huile, au moyen de l'équerre, il dessine sur la surface avec la pointe à tracer le contour qu'il doit exécuter.

Il taille alors le contre-poinçon destiné à former les creux du dessin. Le contre-poinçon ne peut être gravé très droit, car il serait trop faible pour résister à la frappe dans l'acier et casserait; aussi n'est-il pas gravé de manière à présenter à son extrémité les dimensions de la surface du creux qu'il doit servir à faire: cette extrémité, au contraire, est aigue pour pouvoir s'enfoncer dans l'acier, et la forme telle, qu'étant enfoncé dans une lame de plomb que le graveur a à côté de lui, le vide de la surface soit celui qu'il s'agit d'obtenir.

Le contre-poinçon étant gravé est trempé très dur, puis enfoncé dans le poinçon avec une masse, il donne tous les creux de la surface, au moins d'une manière assez approchée pour que l'outil puisse facilement achever le travail. La fig. 1109 (voir plus haut) représente le poinçon après l'action du contre-poinçon. Le creux étant fait, on fait l'extérieur du poinçon à la lime, de manière à atteindre par des talus allongés le contour du dessin tracé sur la surface. En cet état le poinçon est ébauché. Pour le terminer, le graveur se servant d'échoppes et de burins pour l'intérieur, de petites limes pour l'extérieur, retouche les parties qui lui paraissent défectueuses, passe au calibre pour vérifier les grandeurs. Si le point convenable est dépassé, il use un peu du poinçon au moyen de la pierre à l'huile et de l'équerre, ce qui engraisse également tous les traits et reprend son travail.

Comme la forme des poinçons est destinée à être reproduite par l'imprimerie, on ne peut mieux juger leur effet qu'en les imprimant. Pour cela, quand le poinçon s'achève, on le passe, après l'avoir bien essuyé, dans la flamme d'une bougie. Il se recouvre de noir de fumée, qui se dépose sur une carte sur laquelle on l'imprime, ce qui permet de bien apprécier sa forme.

Le contre-poinçon donne un creux net et profond, qui évite l'inconvénient que la lettre se remplisse d'encre; aussi les graveurs, qui emploient peu le contre-poinçon, créent difficilement des caractères exempts de ce défaut. Quant aux talus extérieurs, ils doivent être très allongés, afin que le caractère n'engraisse pas par la moindre usure. Cette condition n'est guère remplie que dans les fonderies qui font graver, et n'ont besoin d'obtenir qu'une frappe de leurs poinçons, mais ne l'est que rarement par les graveurs qui vendent des matrices, vu que les poinçons ainsi faits cassent bien plus fréquemment.

De la hauteur des lettres. La détermination de la hauteur des lettres qui doivent former un caractère de calibre est la première chose que doit faire un graveur qui commence son travail. Le caractère doit être fondu sur des prismes ayant une dimension constante, dite *force de corps*, pour tous les caractères d'une même ligne. Le problème à résoudre consiste à déterminer le rapport des lettres longues et courtes relativement à cette grandeur.

Les courtes sont les lettres a, m, c, e, etc.; les longues du haut b, h; du bas p, q, y. Fournier prescrit de diviser en quatre parties la force de corps, et d'en prendre deux parties pour les courtes, et trois pour les longues du haut et du bas. Cette division donne des caractères très petits d'œil, et l'adoption des compactes a mené à adopter pour les courtes un calibre plus grand, mais variable, suivant chaque caractère.

Les lettres de chacune de ces séries devant paraître exactement de la même grandeur, la lettre m étant gravée et le calibre monte sur celle-ci, les autres lettres n, etc. devront être bien justes à ce calibre. Les rondes o, e, c, etc. devront le dépasser quelque peu; car étant terminées par des parties rondes, il faut qu'elles dépassent quelque peu les lettres à traits pour paraître de même grandeur que celles-ci.

De la largeur des lettres. De même qu'on astreint à un même calibre la grandeur de toutes les lettres d'un caractère, il paraît *à priori* devoir être possible d'établir un calibre pour déterminer les largeurs proportionnelles des diverses lettres d'un même caractère; de telle sorte qu'une lettre d'un genre large ou serré étant donnée, toutes les autres pussent se déterminer.

A une époque où l'on n'admettait pas que les parties rondes des lettres pussent être formées autrement que par des arcs de cercle, on essaya à plusieurs reprises de tracer géométriquement les lettres au moyen de subdivisions du carré construit sur la hauteur de la lettre et de cercles tracés dans ces divisions.

On conçoit facilement qu'on ne pouvait tirer aucun résultat de ces constructions compliquées, et jamais les graveurs ne se sont assujettis à de semblables règles; l'œil leur est un guide plus sûr pour faire naître des formes agréables à la vue, condition vraiment essentielle de leur travail.

La règle fondamentale du travail du graveur et du fondeur est de faire en sorte que les jambages des lettres soient espacés régulièrement, que l'intervalle qui les sépare *paraisse* toujours le même, afin d'obtenir la plus grande régularité possible.

Nous disons *paraître*, parce que, pour qu'il en soit ainsi, il ne faut pas souvent que l'égalité des intervalles existe en réalité.

Ainsi l'n et l'u sembleraient devoir être identiquement de même largeur; pourtant l'u doit être une apparence plus serré, surtout du haut, que l'n; de même largeur, il paraîtrait trop large, son ouverture étant en haut et ses traits moins prolongés que ceux de l'n. Ces petites différences presque insensibles ne sauraient être mesurées par un outil, mais seulement par le goût et l'œil exercé du graveur.

On peut poser cependant quelques règles générales :

1° Les lettres à jambages droits, h, n, u, doivent être de même largeur, sauf l'observation que nous venons de faire relativement à l'n; leur écart est un peu plus grand que celui des jambages de l'm.

2° Le vide de l'o, mesuré dans son milieu, doit être une apparence plus grand que l'écart de l'n, pour paraître égal.

3° La rondeur des demi-rondes b, d, p, q, doit paraître exactement égale à celle de l'o du caractère. Or, l'expérience a indiqué qu'une même figure à droite d'un jambage droit doit être une apparence moindre que quand elle est placée à la gauche, pour lui paraître

Digitized by Google

égale. Ainsi les rondeurs du b et du p devront être tenues un peu moins larges que celles du d et du q.

4° La larme de l'r, le crochet du t, la tête de l'f, devront être tenus aussi rapprochés que possible du jambage droit pour diminuer l'excès d'écart que ces lettres forcent toujours à laisser à la fonte.

5° Les lettres a, s, ont été beaucoup élargies dans les caracteres modernes, à l'imitation des Anglais. On leur donne presque la largeur des lettres à deux jambages.

Graisse des caractères. Il est évident que l'épaisseur une fois adoptée pour une lettre d'un caractère, tant pour les jambages que pour les traits, doit être suivie constamment la même pour toutes les lettres composant le même caractère. La seule observation à faire à ce sujet est que les lettres i, l, etc., composées d'un seul jambage, doivent être gravées un peu plus grasses que les jambages de l'n. Sans cette précaution, leur isolement les ferait paraître mesquines et plus maigres que les autres lettres.

De la forme des caractères et des variations que le goût y a introduites. On sait que ce fut Nicolas Jenson, élève de Schœffer, qui, au moyen des deux éléments que lui fournirent les inscriptions romaines, auxquelles il emprunta les capitales, et les manuscrits de l'époque, composa le caractère dit *Romain*. Ce travail, fait avec un grand talent, fut un pas immense. Nicolas Jenson débarrassa les lettres des parties inutiles, et avec un goût sûr réduisit le caractère à la combinaison la plus simple possible de parties droites et de parties circulaires. On conçoit les immenses services qu'a rendus un semblable travail à l'origine de l'imprimerie, en réfléchissant aux inconvénients qu'entraînerait aujourd'hui le changement de lettres qui seraient défectueuses, en rendant presqu'illisibles tous les ouvrages parus jusqu'à ce jour. Le point capital de ce travail fut de remplacer les parties anguleuses des lettres gothiques par des parties circulaires, et les extrémités pointues par des parties carrées; enfin de faire la plupart des changements nécessaires pour ramener à nos lettres la plupart de celles de l'alphabet allemand, qui est le dérivé de l'alphabet gothique.

Les seules modifications dans les formes des caractères qui aient persisté des divers essais tentés depuis un siècle, se réduisent :

1° A la suppression de l'f longue, toujours remplacée par l's courte;

2° A avoir redressé les traits des lettres m, i, autrefois obliques, ce qui détermine la ligne horizontale du haut des caractères et en a rendu l'aspect plus agréable.

Le travail des graveurs modernes, qui avec raison ne s'est pas porté vers la modification des formes générales du type romain, a cependant été considérable ; jamais le goût n'avait modifié aussi complétement le dessin des caractères.

Le travail le plus important, celui auquel les Didot ont attaché leur nom, a consisté à forcer l'opposition entre les pleins et les déliés, opposition précieuse, qui réunissant dans la même lettre des déliés extrêmement fins et des pleins assez gras, sans transition brusque, produisent à l'œil cet effet que, par un progrès analogue, l'on a tant apprécié dans l'écriture dite Anglaise, et qui a fait rejeter tous ces genres d'écritures dont on se servait autrefois, la bâtarde, la ronde, etc.

Depuis quelques années, au contraire, la tendance est de tout sacrifier à l'effet général de l'impression; ainsi on a maigri les pleins et engraissé les traits, pour donner un effet d'ensemble plus régulier et de plus obtenir des caracteres bien alignés du haut et du bas qui produisent un effet très agréable, précisément celui qui plaît dans les Elzevirs, à l'imitation desquels on a renforcé les empâtements horizontaux des lettres.

Les personnes étrangères à la typographie peuvent entrevoir, d'après ces observations, la tendance du progrès actuel; car dans la typographie, comme dans tout ce qui est soumis au goût, qui est essentiellement changeant dans tout ce qui est œuvre d'art, il n'est jamais donné à personne d'atteindre la perfection absolue.

Du reste, les besoins tout nouveaux de l'imprimerie, le développement des journaux, des éditions compactes, qui exigent des caractères pouvant faire tenir beaucoup de matières en peu de pages, pour économiser sur les frais de papier et de tirage, a indiqué des voies toutes nouvelles à la gravure, ce qui, en remplissant de nouveaux besoins, a indiqué de nouvelles ressources.

Essayons d'indiquer quelques divisions sous lesquelles on peut grouper les principaux caractères, divisions qui ne sont que des limites entre lesquelles la gravure peut faire naître un nombre infini de variétés.

De semblables divisions ne peuvent s'établir que par rapport à la seule base fixe, qui est la force de corps, la seule chose qui ne change pas, la dimension constante de la tige qui doit supporter des caractères de gravure différente.

1° *Les classiques anciens;* c'est ainsi que nous nommerons les caractères qui ont servi à faire les éditions de luxe, que l'on a pu faire depuis le commencement du nouveau mouvement de l'imprimerie jusque dans ces derniers temps, et que tout le monde connaît. Le corps est divisé le plus souvent en quatre parties : deux pour les courtes, m, n, etc., et trois pour les longues, b, p, etc. L'o est circulaire à l'intérieur, ou extrêmement voisin de cette forme. Ces caractères composés portant beaucoup de blanc entre les lignes, sont toujours assez gras.

2° *Les classiques anciens gros œil.* Les courtes sont tenues un peu plus grandes que la moitié du corps, et le caractère est tenu plus gras, de sorte que le caractere entier paraît beaucoup plus gros.

Ces divers caractères sont évidemment ceux qui conviennent aux éditions de luxe, dans lesquelles on recherche avant tout la beauté de l'aspect général du livre, dont la lecture ne doit pas être fatigante.

3° *Les poétiques*, ainsi nommés parce qu'ils ont été inventés pour faire tenir le vers alexandrin entier dans une ligne d'un format donné, ce qu'on a obtenu en resserrant toutes les lettres; l'o se trouve donc oblong dans ce caractère.

4° *Les compactes.* Le désir de faire tenir beaucoup de matière dans un espace donné, qui avait fait imaginer les poétiques, a fait songer à un autre moyen, qui est de raccourcir les queues des lettres longues; sur un même corps les lettres courtes se trouvent donc grandir d'œil, ou pour la même grandeur d'œil on peut composer avec un corps inférieur, et par conséquent faire entrer bien plus de lignes à la page.

La longueur des minuscules peut alors aller jusqu'à 3/4 de la force du corps, ce qui est une limite extrême. Il est bien certain que la longueur qui reste aux longues est suffisante pour que l'œil n'éprouve aucune incertitude à les discerner ; mais le caractère perd toute grâce et la lecture en devient fatigante.

Aujourd'hui néanmoins (et nous croyons que les nouveaux caractères de la fonderie générale, gravés d'après ce principe, l'ont prouvé pratiquement) le véritable caractère classique est le caractère demi-poétique et demi-compacte, intermédiaire entre les caractères classiques et les compactes. L'œil du lecteur habitué aux éditions compactes, ne désire plus pour les classiques les caractères anciens qui lui paraissent trop petits ; un caractère demi-compacte lui suffit.

Trempe des poinçons. Frappe des matrices. Les poinçons étant terminés par le graveur, il faut leur donner

Digitized by Google

par la trempe la dureté nécessaire pour pouvoir les enfoncer dans le cuivre sans que les arêtes vives s'émoussent.

Pour cela, on fait un feu très actif de charbon de bois, dans lequel on met une boîte en fer renfermant les poinçons recouverts de poussier de charbon; on active le feu, jusqu'à ce que le fer ait pris une couleur rouge-cerise tournant au rouge-blanc. On saisit alors le poinçon avec des pinces, et on le plonge dans l'eau froide, en n'y entrant d'abord que l'extrémité portant la gravure. On ne pourrait employer le poinçon dans cet état; il se briserait trop aisément, surtout dans les traits fins des lettres, quand on voudrait frapper le poinçon; il faut le faire revenir.

On commence par nettoyer les scories qui ont pu s'attacher aux poinçons, en les frottant avec de la pierre-ponce pulvérisée; puis on les chauffe par le gros bout, soit en le mettant au feu, soit en le plongeant dans une cuillère de fondeur, ce qui est plus commode. Quand on voit l'extrémité prendre une teinte pelure d'oignon, on le fixe à ce point, en le plongeant dans l'eau. Cette opération du recuit rend du corps à l'acier; il reste dur bien que beaucoup moins cassant.

Frappe des matrices. Comme nous l'avons dit, les matrices sont le premier produit de la reproduction du travail du graveur; il peut avec son poinçon frapper un nombre considérable de matrices, dont chacune pourra fondre des millions de lettres. La production de matrices est le but et le résultat du travail du graveur. Ce sont de petits morceaux de cuivre de 2 à 3 centimètres de longueur sur 1/2 centimètre d'épaisseur, et d'une largeur de 7 à 8 millimètres plus grande que la lettre.

On découpe ces petits morceaux dans des planches laminées de cuivre rouge de Suède bien doux, et dans lequel on ne peut rencontrer que bien rarement des grains cristallins qui forment des pailles sur l'œil des lettres. On les chauffe, et on les trempe dans l'eau, ce qui adoucit sensiblement le cuivre.

Il faut après cela le parer, c'est-à-dire polir à la lime douce la surface qui doit recevoir l'empreinte. On la lime en long, en ayant soin qu'elle soit un peu convexe vers le milieu. On passe après la lime un brunissoir qui efface les derniers traits de la lime.

On marque alors avec une pointe à tracer, sur chaque matrice, une ligne à l'endroit où la lettre doit être frappée, à environ 5 à 6 millimètres au-dessus d'une des extrémités.

La frappe des poinçons demande une main sûre et exercée; ce qui a fait dire qu'une matrice bien frappée est à moitié justifiée.

On a devant soi un tas, une masse en fer, sur lequel on place la matrice. On tient dans la main gauche le poinçon dont on a bien nettoyé la surface, et on le présente au milieu du cuivre; là, au moyen d'un marteau qu'on tient dans la main droite, on forme une empreinte peu profonde du poinçon. Si la lettre incline trop à droite ou à gauche, on tourne un peu le poinçon, et on fait une seconde empreinte au-dessus de la première; après celle-là, une autre, toujours en corrigeant la position du poinçon. On arrive ainsi au point où doit être frappée la matrice, et alors on enfonce le poinçon à coups de masse jusqu'à la profondeur nécessaire. On conçoit que si on porte un coup à faux, si on tient le poinçon obliquement, on fait éclater de suite les traits fins des lettres; accident auquel il n'y a d'autre remède que de refaire le poinçon.

La profondeur obtenue par la frappe doit être un peu plus grande que celle qui doit rester après la justification de la matrice; opération qui oblige à en limer la surface et à enlever les bourrelets produits par le refoulement du métal. On s'en assure au moyen de la pointe du justifieur dont nous parlons plus loin.

Les lettres qui portent des accents, comme les voyelles, le ç, etc., après avoir été frappées seules, le sont ensuite avec ces différents signes que l'on adapte au poinçon. Pour cela, on fait à celui-ci une petite encoche de 6 à 8 lignes du côté où l'accent doit exister; puis on grave chaque accent sur des petits morceaux d'acier qui se placent dans cette entaille. On trempe ces accents, qui servent ainsi à toutes les lettres; on les pose successivement sur chaque poinçon, auquel on les réunit au moyen d'un bon fil, dont on a préparé la place par de petites entailles transversales qui l'empêchent de glisser, et on serre fortement.

Frappe des gros caractères. La frappe des gros caractères est plus pénible, parce que la masse de cuivre à refouler, étant considérable, oppose une grande résistance. On frappe alors le cuivre à chaud; mais il ne faut pas le chauffer jusqu'au rouge, parce qu'alors le poinçon le chasserait trop de côté. On trouve avantage à frapper la matrice placée dans une boîte de fer, qui, en empêchant le cuivre de s'écarter, le force à remonter et à remplir le contre-poinçon. Ce procédé suffit pour les lettres de deux points et les gros caractères, jusqu'aux moyennes de fonte à peu près, en remplaçant toutefois le marteau par un balancier d'une force suffisante.

Fournier recommande d'enlever à l'outil la majeure partie du cuivre qui doit faire place à l'acier. Ce procédé n'est plus usité, et pour les très grosses lettres, les grosses de fonte, par exemple, gravées sur acier, on fait fondre la matrice en cuivre jaune, en donnant pour modèle au fondeur une matrice frappée en plomb. On enlève avec un acide étendu d'eau les scories du fond; puis on frappe à chaud le poinçon, qui unit le fond de la matrice.

On a été plus loin, dans ces derniers temps, pour la gravure des grosses lettres d'affiches de dimensions assez grandes pour qu'on les puisse travailler directement. Voici comment on opère.

On moule en argile la lettre dont on a le dessin devant les yeux; on en polit bien la surface; on fait alors cuire ce modèle, que l'on fond en cuivre. Ce cuivre sera donc la matrice non pas parfaite, mais suffisamment ébauchée, et un peu plus faible que le modèle par le retrait de l'argile. On achève alors la matrice avec les outils ordinaires du graveur, et on la corrige, après avoir tiré des essais que l'on compare au modèle. Ce procédé a donné quelques résultats passables; mais depuis que la galvanoplastie est inventée, il est évident que c'est celle-ci qui doit fournir les matrices en cuivre, pour tous les cas où la gravure sur métal à caractères peut suffire pour tracer un modèle convenable. A l'article MATRICE nous parlerons d'un procédé de fonte des matrices, usité surtout pour la bijouterie.

Justification des matrices (1). La matrice frappée, il faut la justifier, c'est-à-dire dresser la face et les côtés pour qu'elle puisse s'adapter convenablement sur le moule. La première condition essentielle consiste en ce que toutes les matrices d'un même caractère doivent toutes être enfoncées de la même profondeur, de manière qu'en les faisant se succéder sur le même moule toutes les lettres se trouvent toutes parfaitement de même hauteur.

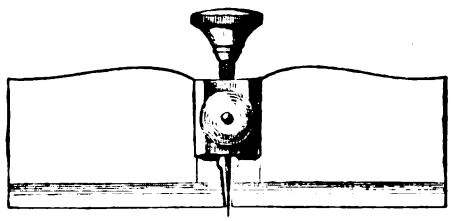
On justifie la lettre m au degré de profondeur correspondant à la hauteur qu'on veut donner à l'œil de la lettre, profondeur qu'on prend ordinairement dans une fonderie égale à celle qu'on a déjà pour les caractères de même nature, afin que les mêmes moules puissent servir indistinctement pour ces différentes frappes. On

(1) Nous avons réuni ici la justification et la gravure pour ne pas trop morceler l'exposition des procédés sur lesquels repose la typographie.

Digitized by Google

fond sur cette matrice, trois m que l'on met sur un petit instrument appelé *justification* (voyez FONDERIE), et entre ces trois m on place successivement toutes les lettres, à mesure qu'on justifie les matrices pour retomber exactement sur la même hauteur. La hauteur s'estime avec une grande précision au moyen d'une petite règle d'acier, dite *jeton*, que l'on applique sur la surface de ces lettres.

Aujourd'hui on ne fait plus cette opération que pour vérifier le résultat définitif du travail. On se guide pour l'aplomb et la profondeur de l'œil, au moyen de la pointe, outil qui consiste dans une petite règle d'acier traversée par une vis terminée en pointe très fine, et qui est arrêtée en une position fixe par un écrou, qui presse sur la vis et la maintient en place (fig. 1114). Le



1114.

mieux est d'avoir deux pointes semblables, l'une fixée à la profondeur exacte qu'il s'agit d'obtenir, l'autre plus saillante. On approche au moyen de la seconde du point qu'il s'agit d'obtenir, et on vérifie avec la première.

Le premier soin que l'on doit prendre avant de dresser la surface de la matrice est de s'assurer si le poinçon a été tenu bien perpendiculaire à sa surface, ce qu'on vérifie au moyen de la pointe descendue jusqu'à toucher un point de l'œil, puis transportée en diverses places, ce qui indique de quel côté il faut enlever du cuivre.

Pour ce qui est de l'alignement, on se contente en général de mettre le pied bien d'équerre avec la surface antérieure. Si on veut que la lettre soit immédiatement de ligne, on vérifie si la lettre, étant bien de hauteur, se trouve en ligne avec les m. Si elle descend, c'est que la partie, depuis l'œil jusqu'au pied de la matrice, est trop grande ; il faut donc en oter à la lime. Si, au contraire, elle monte, ce qui ne doit pas arriver, on y remédie en refoulant le cuivre sur le bout de la matrice pour l'allonger un peu.

Pour ce qui est de l'approche, on doit ôter du cuivre sur les bords de la matrice pour ôter l'excès de l'épaisseur, de sorte qu'en remplaçant l'm sur un moule où celle-ci soit d'approche, par une autre matrice de la frappe, celle-ci soit aussi d'approche. C'est ce qu'on appelle justifier à registres arrêtés.

On se dispense souvent de justifier ainsi la matrice, mais il faut toujours avoir bien soin que les côtés de la matrice soient parfaitement parallèles aux jambages des lettres, de manière que la lettre soit parfaitement droite. C'est ce que l'on voit en faisant filer la lettre à 3, de la sorte : ⫻ ⫻ ⫻ ; il faut que les jambages forment une ligne parfaitement droite, autrement il faut redresser la matrice ; on y parvient, en ôtant du cuivre d'un côté vers la tête de la lettre, et de l'autre côté vers le pied.

Il n'est pas besoin de dire que ces surfaces doivent être toutes parfaitement d'équerre entre elles, c'est du reste une chose évidente à la seule inspection du moule, puisqu'elle doit se placer dans des parties qui sont toutes à angle droit entre elles.

Pour ce qui est de la partie postérieure de la matrice, on fait une entaille à peu près vis-à-vis l'œil de la lettre ; la plus petite partie s'appelle le talon de la matrice. Cette entaille sert à fixer l'arbet du moule ; ressort qui applique fortement la matrice contre le moule.

On fait encore deux petits crans au haut de la matrice, l'un dessus, l'autre dessous, au moyen desquels on attache avec un fil un morceau de peau que l'on nomme *attache*, et qui sert à empêcher la matrice de tomber chaque fois qu'on ouvre le moule.

On lime le derrière de la matrice qui n'a pas besoin d'être dressé avec soin, de manière à ce que toutes les matrices d'une même frappe soient à peu près de même épaisseur ; puis on passe la lime sur tous les angles afin de les rendre moins vifs, pour que le moindre coup donné sur un de ces angles n'empêche pas quelques faces de la matrice de porter sur quelques parties du moule.

Nous avons dit à l'article FONDERIE, de quelle importance est la justification à registres arrêtés dont nous parlons plus haut, qui a été malheureusement abandonnée en France. Disons pourtant que quant à la partie la plus importante de ce système, la fixité de la ligne, elle est peu avantageuse avec le moule actuel, à cause de l'usure qui se produit en cette partie, qui dérange le travail du justifieur. Il n'en serait plus de même dans un système dans lequel cet inconvénient serait évité.

Machine à justifier. Un habile justifieur, M. Jehl, ancien chef des travaux de la fonderie de M. Didot et de la Fonderie générale, n'a pas craint d'attaquer le problème d'effectuer mécaniquement le travail de la justification. Nous ne pouvons que donner une idée sommaire de cette ingénieuse machine, dont le vrai nom est *tour à justifier*.

Qu'on suppose la matrice placée sur le mandrin d'un tour et fixée, au moyen de vis, dans une boîte dont on peut faire varier l'inclinaison. Au moyen d'une pointe portant par ses extrémités sur le mandrin, on pourra faire mouvoir cette boîte de telle sorte que le fond de la matrice devienne perpendiculaire à l'axe du tour, et, alors, en faisant agir l'outil placé sur le chariot, on dressera la surface parallèlement au fond.

Pour les côtés, la même opération sera faite en donnant, par une règle parallèle au mandrin, une position convenable à la matrice, puis la retournant à plat sur le côté dressé, on fera, avec un support à chariot, la seconde face parfaitement parallèle à la première.

Passant sous silence beaucoup de détails ingénieux de ce curieux outil, nous avons voulu faire apprécier seulement combien il abrégeait le travail des grosses matrices. Pour les petites, il faut toujours mettre l'a plomb et l'équerre d'un côté à la lime ; mais cela fait, le tour dresse les autres faces et termine la matrice avec une grande célérité, permettant d'opérer graduellement et d'enlever beaucoup ou aussi peu de cuivre que l'on désire.

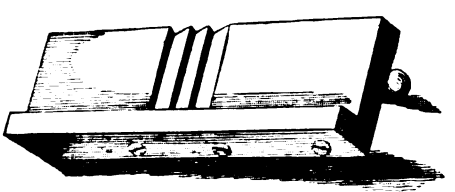
Justification de l'italique. La justification des caractères italiques est aussi aisée que celle des caractères romains, pour ce qui est de la hauteur et de la ligne, mais elle est plus difficile pour ce qui est de la pente. L'œil juge en effet assez aisément si les jambages d'une lettre sont bien perpendiculaires sur la ligne que forment les traits des m, entre lesquelles on la place ; mais il ne peut juger que bien imparfaitement si un jambage oblique a précisément la pente qu'il doit avoir. Aussi les italiques laissent-ils toujours à désirer pour la régularité des pentes, quelque soin que l'on prenne pour corriger les défauts que l'emploi du caractère fait reconnaître.

Nous pensons donc avoir fait quelque chose d'utile en inventant un procédé qui rend géométrique la justification de l'italique, et dont nous avons tiré de

Digitized by Google

bons résultats. Il consiste à rétablir pour l'italique le procédé le plus exact pour reconnaître la pente du romain, qui consiste à appliquer le jeton sur trois lettres appliquées à plat sur la justification, comme ⫾ ⫾ ⫾, et à voir si le haut de la lettre est en avant ou en arrière de la ligne formée par les trois pointes du bas des trois lettres, ou si les trois jambages ne forment qu'une même ligne droite; auquel cas la justification est parfaite.

On ne peut évidemment avoir la même vérification pour l'italique puisque les lettres sont penchées sur leur corps; mais on y parvient en les redressant. Si l'on fait une justification dont la surface ait la forme représentée fig. 1115, c'est-à-dire dans la face de la-



1115.

quelle sont pratiquées trois entailles bien égales entre elles et bien égales dans toute la largeur de la justification; il est clair que si on place les lettres dans ces angles, les lettres seront redressées de la valeur de ces angles, et que si l'inclinaison des plans sur la surface de cette justification est égale à celle de l'italique sur son corps, il se retrouvera redressé, et les trois mêmes jambages d'une lettre bien justifiée formeront une ligne droite, comme cela arrivait sur une justification plate, pour le caractère romain.

Au moyen de cet instrument, les moyens de vérifier la pente d'une lettre qu'on justifie étant les mêmes que pour le romain, il ne reste donc plus qu'à opérer comme nous l'avons expliqué. CH. LABOULAYE.

GRAVURE SUR BOIS. La gravure sur bois est un art dérivant de la sculpture sur bois, art aussi vieux que le monde, qui n'a pris d'importance que le jour où l'on trouva moyen d'en multiplier le resultat par l'impression.

Son emploi pour la gravure des images, et surtout pour les titres de ces images, a fait concevoir la possibilité de l'imprimerie tabellaire, et a ainsi guidé vers des recherches dont est sortie la typographie.

La gravure sur bois et la gravure du poinçon sont des gravures de même nature, ce sont des gravures en relief, qui conservent en saillie les traits du dessin, et dont toutes les parties blanches sont creusées. On pourra donc employer simultanément pour la typographie les ressources de la gravure sur acier, et celles de la gravure sur bois. Ajoutez à cela que l'on a pour la gravure sur bois un moyen de reproduction analogue à celui que donne la fonderie pour reproduire la figure du poinçon (voyez POLYTYPIE, STÉRÉOTYPIE). Cet avantage de pouvoir être multipliée, et par suite de fournir un nombre indéfini d'épreuves, est la cause de la popularité et de l'extension qu'a pris dans ces dernières années ce genre de gravures employé pour les éditions dites *illustrées*.

Le rôle de chacune de ces gravures est bien distinct: la gravure sur acier plus lente et permettant des retouches multipliées convient bien pour la gravure des lettres, quand même la nécessité de frapper des matrices en cuivre ne ferait pas une nécessité de la gravure sur acier. En effet, la résistance de la matière sur laquelle on grave fixe la limite de la finesse des fins; et il est bien évident qu'on pourra amener les traits d'une partie saillante d'acier à un degré de finesse, auquel on ne pourrait amener un bois sans risquer de l'égrener.

De son côté, la gravure sur bois bien plus hardie, bien plus rapide, a permis de faire entrer dans l'impression des ouvrages de luxe des figures, qui, tirées en même temps que le texte, en facilitent singulièrement l'intelligence, sans en augmenter démesurément la valeur. Le présent ouvrage en est un exemple.

La gravure sur bois, consacrée jusqu'alors à des représentations grossières, devint un art entre les mains d'Albert Durer, né en 1471 à Nuremberg. Ce grand artiste, ami de Raphaël, grava des planches d'une admirable beauté, son estampe de la *Mélancolie*, ses *Vierges* font toujours l'admiration des artistes.

La France a possédé quelques artistes distingués qui se sont livrés avec succès à ce genre de gravure, tels furent Joliet le Suisse, l'Allemand Businck, Boutemont, les Lesueur, et en dernier lieu les deux Papillon. Depuis 1760, époque à laquelle vivait le dernier de ces artistes, la gravure sur bois, pratiquée par des artistes de peu de mérite, fut peu estimée. Les procédés qui étaient ceux que nous décrivons ci-après, pour la gravure en relief destinée à l'impression des étoffes, se prêtaient mal à l'exécution de sujets de petite dimension, comme devaient être ceux à intercaler dans les livres. Son emploi diminuait chaque jour, lorsque Thompson introduisit en France, vers 1815, la nouvelle gravure sur bois qui était née en Angleterre, et montra tout le parti qu'on pouvait tirer de son emploi pour obtenir les sujets les plus délicats. Ce procédé consistait à graver sur le bois debout par des procédés tout à fait analogues à ceux de la gravure en taille-douce sur cuivre, en employant presque exclusivement le burin pour les entre-tailles, et à profiter de la résistance des fibres dans le sens de leur longueur pour obtenir des traits fins, résistants. Depuis Thompson, nombre d'artistes se sont distingués en France, Andrew, Brevière, Godart, Hébert, etc., se sont faits une juste réputation d'habileté.

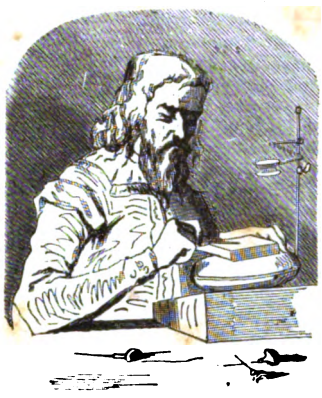
On prend une planche de buis bien dressée et bien polie à la surface. On choisit ce bois comme le plus dense et celui qui a le grain le plus fin, ce qui permet de le couper également dans tous les sens; on dresse la surface ou l'on grave perpendiculairement aux fibres du bois. Sur la surface parfaitement unie, et blanchie avec de la céruse, on dessine ce que l'on veut exécuter, ce qui se fait avec la plus grande facilité, le poli de la surface n'offrant aucune résistance. Il est à remarquer, pour le dessin, qu'il doit être très régulier, c'est-à-dire que les traits doivent, autant que possible, être tracés hardiment, et non pas hésités, douteux; que les ombres doivent être formées par le rapprochement de traits. Quand le dessin est ainsi bien net, bien pur, le graveur voit clairement son travail et arrive toujours à un résultat plus satisfaisant que quand le travail de l'artiste ne peut se voir sous une grande quantité de traits qui se croisent en tous sens.

Au reste, dans les masses le dessinateur ne fait qu'indiquer l'effet à obtenir, que le graveur sait rendre par la disposition la plus convenable des tailles, c'est ce qu'on appelle faire du métier.

Soit (fig. 1116) le dessin représentant Albert Durer, gravant, tel qu'il est remis au graveur. Celui-ci, au moyen du burin-losange (fig. 1122), commence par cerner tous les contours extérieurs en creusant un sillon qui touche ce contour. Prenant ensuite une échoppe (fig. 1119) de la grosseur convenable pour les entre-tailles, il grave la teinte extérieure; l'outil en creusant l'entre-taille est arrêté par le sillon, et ne peut entamer le contour.

Le graveur cerne également avec le burin-losange tous les contours intérieurs de manière à isoler toutes les lignes en saillies. La fig. 1117 représente cet état du travail. Cela fait, au moyen des échoppes plus larges (fig. 1120 et 1124), il enlève tous les blancs, entre les

Digitized by Google



1116.



1117.

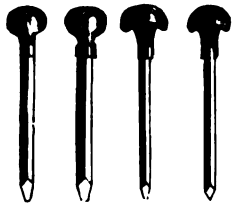


1118.

lignes tracées, en ayant soin de ne pas appuyer l'outil sur les lignes noires, et prenant pour cela un point d'appui sur une petite planchette de bois que l'on place sur le bois et qu'on approche convenablement. On obtient ainsi la gravure (fig. 1118). On l'encre au moyen



1123.



1119. 1120. 1121. 1122.

du tampon (fig. 1123), puis appliquant sur elle un morceau de papier de Chine et le frottant avec un brunissoir, semblable à un couteau à papier, on en tire une épreuve qui indique si le travail est achevé, s'il y a des retouches à faire.

Dans les gravures où il n'y a pas de teintes extérieures, on cerne et on chanlève l'intérieur avant de cerner l'extérieur, afin de conserver un contour pur en n'en affaiblissant pas d'abord la résistance.

Pour graver des hachures-losanges on remarque d'abord quel est le sens des lignes le plus important à conserver. On cerne très finement celles-ci des deux côtés, puis prenant un burin-losange, on entre la pointe de l'outil dans un angle du vide des hachures, de manière à en couper la moitié; puis reprenant par l'angle opposé, on coupe l'autre moitié et on fait sauter le bois. S'il s'agit de faire des hachures carrés il faut cerner tous les contours avant d'enlever l'intérieur. La difficulté de graver les hachures avec une grande netteté fait aisément comprendre pourquoi le graveur sur bois s'applique à les éviter, et comment quelques artistes sont parvenus à obtenir tous les effets désirables en employant seulement des lignes de courbure dans un seul sens, lignes qui doivent être celles de grande courbure qui accusent le mieux la forme de la surface, et en les variant d'intensité de manière à représenter ainsi parfaitement la forme et les ombres du corps représenté.

Pour les pointillés, il faut mettre en relief une ligne assez grosse qui les contient; puis on la divise en parties et on arrondit les points avec une échoppe-losange. Pour le paysage, il faut avoir soin de graver successivement les divers plans, en commençant par les plus éloignés, afin d'en juger les effets. et varier le travail de manière à ce que ces plans ne puissent se confondre. Un soin que prennent quelques graveurs justement célèbres, est d'abaisser à l'aide du grattoir le plan des demi-teintes, procédé qui diminuant le foulage dans ces parties permet d'obtenir, presque sans *mise en train*, les effets de dégradation des teintes.

Dans l'art de la gravure sur bois, comme dans la plupart de ceux qui touchent aux beaux-arts, la partie technique est peu de chose, c'est l'habileté de main et le goût du graveur qui fait tout le mérite du travail.

La gravure sur bois que nous venons d'esquisser est celle qui est employée pour la typographie. Mais ce n'est que depuis une trentaine d'années qu'on travaille ainsi le bois debout, par des procédés très voisins de ceux de la taille-douce, en employant des burins qui coupent le fil du bois. Autrefois (et rien de délicat ne pouvait résulter d'un pareil procédé), on employait pour la typographie les mêmes procédés de gravure que ceux qui sont usités aujourd'hui pour l'impression des étoffes et des papiers peints, dont nous allons dire quelques mots.

La planche est du poirier dressée dans le sens du fil; le dessin étant tracé à sa surface, les contours en sont suivis avec un outil coupant, puis les intervalles entre les parties saillantes enlevés. Pour cela, il faut toujours que le bois à enlever soit coupé des quatre côtés, pour que l'outil, passant en dessous, puisse le faire sauter.

Enfin, dans l'impression sur étoffes, comme la couleur épaissie à la gomme, et qui n'est qu'une espèce de boue, ne permet pas, sans inconvénient, de conserver le moindre talus latéral, on fait des gravures qui consistent en petits cuivres de formes variées, étirés à la filière et implantés dans du poirier. La surface est rendue parfaitement plane par un polissage. Ces sortes de gravures, qui sont en quelque sorte un travail de patience, donnent les meilleurs résultats, ne pouvant que difficilement s'empâter et donner des traits lourds et épais comme il arrive avec grand nombre d'autres gravures.

Gravure en relief sur métaux par les acides. De nombreux essais ont été tentés pour obtenir la gravure en relief avec la même facilité qu'on exécute la gravure en taille-douce par l'eau forte. A priori la chose paraît facile à obtenir. Ainsi en vernissant la planche, décalquant le dessin et enlevant à l'outil les parties placées entre les traits (procédé Carez), ou plus simplement dessinant avec un vernis liquide (procédé Dembour), et faisant mordre à l'acide, on creusera les intervalles du dessin et on obtiendra en relief les lignes destinées à le former. Mais, outre que ces deux procédés permettent difficilement d'obtenir une grande pureté de lignes, le premier parce qu'il sera plus difficile de conserver le vernis en

Digitized by Google

lignes fines que d'obtenir celles-ci sur le bois dont les fibres offrent de la résistance; le second parce que le vernis assez liquide pour couler de la plume, s'étendra quelque peu sur la planche; on rencontre dans la morsure de l'acide un inconvénient énorme, c'est qu'il ne peut creuser un peu profondément sans fouiller en dessous des traits et les ronger.

Quelques artistes cependant ont obtenu des résultats assez satisfaisants par une habileté de main qui leur permet de recouvrir de petit vernis le talus des tailles après la morsure de l'acide, soit au pinceau, soit avec un rouleau; mais ce travail est long et d'un emploi difficile. De nombreuses recherches n'ont amené beaucoup d'artistes qu'à considérer comme impossible, d'une manière commerciale, la solution du problème de la gravure en relief, vu la profondeur des entre-tailles qu'exige la typographie.

La résistance du cuivre qui rend très lente et par suite coûteuse la gravure de ce métal, par suite surtout du travail nécessaire pour enlever le métal dans les grands blancs, est cependant avantageuse pour les gravures qui exigent une grande pureté de lignes; les dessins géométriques, par exemple, parce que cette résistance permet des retouches multipliées pour amener le trait comme cela a lieu pour le bois. Or, il est facile de concevoir un outil qui creuse très rapidement ces grands blancs; tel serait une petite fraise verticale mue avec une grande vitesse, qui permettrait d'enlever les intérieurs avec beaucoup de facilité et d'approcher très près des contours du dessin.

M. Claudet est inventeur d'une machine qui satisfait aux conditions de ce problème d'une manière très satisfaisante. Il a déjà gravé par son procédé, qui ne nous est pas connu, les figures en relief sur cuivre de plusieurs importantes publications. Les figures de cet article, relatives à la gravure en typographie, ont été gravées sur cuivre par ce procédé.

Nous devons parler d'un procédé qu'a inventé M. Fizeau, et qui, bien qu'appliqué à la taille-douce, a vraiment pour but de donner du relief, et doit s'appliquer à ce genre de gravure. Cherchant à obtenir la gravure des images fournies au daguerréotype, M. Fizeau a reconnu que les tailles ne pouvaient être creusées qu'à une très faible profondeur par l'acide, autrement les parties blanches fort peu préservées s'attaquaient aussi. Il a imaginé de remplir les tailles de noir par le procédé de l'imprimeur en taille-douce, puis de dorer par action chimique la surface libre; ce qui augmente d'autant la profondeur relative des tailles et par suite le relief des parties saillantes.

Gravure sur pierre lithographique. Les difficultés de la gravure en relief paraissent devoir être beaucoup moindres quand on opère sur la pierre lithographique. Le dessin lithographique obtenu avec un crayon gras pénètre un peu la pierre; il préservera donc les traits de l'action de l'acide, surtout en l'employant à appliquer un vernis, et à servir de véhicule pour faire pénétrer la matière grasse dans la pierre.

C'est sur cette propriété qu'est basé le procédé de M. Girardet. Il compose un vernis, qui adhère fortement à la pierre, et formé de : cire vierge, 2 parties; poix de Bourgogne et poix noire, de chaque 1/2 partie; poix grecque ou spalt, 2 parties. Cette dernière substance est ajoutée aux autres fondues et mélangées; puis le mélange est versé dans l'eau tiède, malaxé et réduit en boules, que l'on dissout dans l'essence de térébenthine pour obtenir le degré de liquidité convenable.

Le dessin tracé, on encre avec ce vernis; puis, bordant la pierre avec de la cire, on fait mordre l'acide composé d'eau et d'acide nitrique en petite quantité; après cinq minutes, on retire l'acide, et on passe le vernis avec le rouleau, puis encore l'acide.

Le danger que l'acide ne creuse en dessous, ce qui empêcherait le moulage et la reproduction des pierres, ne permet pas que l'on obtienne dans les grands blancs un vide suffisant par ce procédé. M. Tissier, qui seul exploite aujourd'hui commercialement la gravure sur pierre par les acides, est arrivé à creuser la pierre par échelons, en éloignant ainsi l'action de l'acide des traits, et par suite sans détruire le dessin une fois formé.

L'infériorité des produits de la gravure sur pierre, relativement à ceux de la gravure sur bois, tient surtout à ce que le dessin fait sur pierre lithographique avec un crayon mou ne saurait comporter la finesse de traits qu'on obtient avec le crayon dur sur le bois. C'est surtout à changer ce point de départ qu'il faudrait parvenir. Si l'on pouvait partir d'un dessin fait avec un crayon dur, il est bien probable que la gravure sur pierre trouverait de nombreuses et fréquentes applications. Terminons en disant que M. Tissier a annoncé dernièrement qu'il avait obtenu ce résultat important.

Gravure de pierres fines, cachets, etc. L'artiste commence par modeler en cire sur un morceau d'ardoise les figures qu'il veut graver; puis il fait choix d'une pierre fine taillée par le LAPIDAIRE; ensuite, il met en mouvement le *touret*, qui consiste principalement en une petite roue d'acier, laquelle est mise en mouvement par une autre grande roue de bois que le graveur fait aller avec le pied. La roue d'acier fait marcher, suivant le besoin, plusieurs petits outils de fer doux non trempé ou de cuivre jaune, qu'on enchâsse dans une espèce de tuyau. De ces outils, les uns ont à leur extrémité la forme d'une tête de clou tranchante sur les bords, ce qu'on appelle *scie;* les autres ont une petite tête exactement ronde comme un bouton : on les nomme *bouterolles*. La pierre qu'on veut graver est ordinairement montée sur la tête d'une petite poignée de bois, où elle est cimentée avec du mastic. Le graveur la prend de la main gauche, et la présente contre l'outil mis en action par le *touret*, et de la main droite il tient une petite spatule de fer dont le bout a été trempé dans de l'huile d'olive, où est délayée de la poudre de diamant, qui est la seule propre pour bien mordre sur les pierres précieuses, et user les parties qui doivent être creusées. C'est avec cette spatule que l'artiste abreuve, quand il est nécessaire, l'outil qui agit sur la pierre.

Lorsque les pierres sont gravées, on les polit avec du tripoli sur des roues de brosses faites de poil de cochon.

Gravure des monnaies, médailles, etc. Les coins au moyen desquels se frappe la MONNAIE (voir ce mot) ne sont pas gravés directement; ils sont obtenus par la frappe d'un poinçon-étalon trempé, dans le coin adouci, et que l'on trempe ensuite pour frapper la monnaie.

Le travail du graveur en médailles, qui exige un si haut degré d'habileté pour rendre par de faibles inflexions des effets multiples, des figures demandant tant de pureté, peut difficilement s'analyser d'une manière quelque peu satisfaisante.

La première opération du graveur consiste à dessiner ces figures, et ensuite les modeler en cire blanche, suivant le relief et la grandeur qu'il veut leur donner. C'est d'après ce modèle que se grave le poinçon, morceau d'acier sur lequel on cisèle en relief la figure que l'on veut obtenir en creux sur le coin.

Les outils qu'on emploie pour ce travail sont des ciselets, des burins, des échoppes, des rifloirs, etc.

Lorsque le poinçon servant à faire les coins qui doivent frapper la monnaie, a été trempé et enfoncé dans l'acier destiné à former le coin, celui-ci est terminé, quant aux lettres, légendes, au moyen de poinçons isolés que l'on enfonce à la place et à la profondeur convenable.

Digitized by Google

Une des conditions les plus essentielles de succès consiste dans le choix de la meilleure espèce d'acier. L'on peut jusqu'à un certain point s'en rapporter à l'expérience du forgeron qui a préparé l'acier et qui, s'il est habile dans son art, sera en état de porter un jugement à peu près exact de la qualité du métal à employer, par la manière dont il se travaille sur l'enclume. L'acier doit être d'un grain plutôt fin que gros, et surtout tout uni, très égal, et exempt de taches. L'acier très fin avec une cassure soyeuse, estimé pour la coutellerie, n'est pas convenable, parce qu'il est sujet à se fendre ou à se casser. L'acier d'un grain très gros est encore défectueux; il s'y fait des fentes sous le balancier, et rarement il se trempe également et convenablement. Le point principal est donc de choisir un acier d'une qualité moyenne quant à la finesse.

Après avoir ainsi choisi la meilleure qualité d'acier, et l'avoir convenablement forgé à une grande chaleur, le plus souvent en soudant l'une sur l'autre des lames d'acier, on fait recuire celui-ci très soigneusement, et dans cet état on le polit extérieurement, on le dresse sur le tour, puis on le remet au graveur.

Le procédé pour faire recuire le poinçon consiste à le chauffer jusqu'au rouge-cerise, et à le faire refroidir lentement. Pour le chauffer on le place, dans un creuset de fer, entouré de poudre de charbon de bois. La gravure faite, il faut le tremper, c'est-à-dire après l'avoir chauffé au rouge, le plonger dans une grande quantité d'eau froide. Mais la masse d'acier étant considérable, l'opération de la tremper est d'une grande difficulté, d'autant plus qu'il faut en même temps prendre grand soin de ne pas endommager la surface gravée. On évite cet accident en couvrant la face gravée du coin d'un enduit composé d'huile épaissie avec de la poudre de charbon de bois : quelques personnes y ajoutent de la terre de pipe, d'autres emploient une gousse d'ail, mais l'huile remplit parfaitement l'objet. On en étend une couche mince sur le poinçon, qui, par précaution, peut encore être garni d'une virole de fer; le coin est alors placé, la face en bas, dans un creuset, et complétement environné de charbon de bois pulvérisé. On le chauffe à une température convenable, c'est-à-dire à peu près au rouge-cerise, et une fois dans cet état on le retire avec des pinces, et on le plonge dans une masse d'eau suffisante pour qu'elle ne puisse s'échauffer beaucoup par l'action de l'acier porté au rouge; là le poinçon doit être remué avec rapidité, jusqu'à ce que tout bruit cesse, et ensuite on le laisse dans l'eau jusqu'à ce qu'il soit tout à fait froid. Dans cette opération il doit produire un bruit sifflant et bouillonnant; mais si au lieu de cela le bruit est chantant, on peut généralement craindre une cassure ou une fente.

Le poinçon étant gravé et placé sous le balancier, est enfoncé dans le coin chauffé au rouge; celui-ci est ensuite trempé.

On n'a trouvé aucun procédé qui remplît mieux l'objet pour durcir les coins, que le moyen simple et commode indiqué ci-dessus, quoique beaucoup aient été tentés inutilement.

Après la trempe on doit encore prendre quelques précautions pour protéger les coins; une d'elles consiste en un genre de recuit très doux, qui se produit en les mettant dans de l'eau dont on élève graduellement la température jusqu'à l'ébullition, et que l'on laisse ensuite refroidir spontanément. Cette opération rend le coin moins sujet à se casser par un temps très froid. On obtient aussi une très grande sauve-garde en garnissant le coin froid d'un cercle de fer rouge, qui, se resserrant quand il se refroidit, en maintient toutes les parties, prévient l'extension des fentes extérieures, et donne souvent les moyens d'employer le coin pour faire à son tour un poinçon, ce qui le briserait en morceaux, sans le cercle protecteur.

Si le coin a été convenablement trempé, il faut le nettoyer et le polir, et dans cet état il constitue ce qu'on appelle en termes techniques MATRICE. Il peut être employé pour frapper les médailles, monnaies, etc., mais on ne se sert pas généralement du premier obtenu pour cet usage, de peur qu'il ne lui arrive quelque accident sous le balancier, et parce que l'artiste ne termine guère son travail que sur celui-ci. On s'en sert pour refaire, par une opération inverse de celle qui a produit le coin, un poinçon en relief, avec lequel on frappe un grand nombre de coins définitifs qui servent pour battre monnaie.

GRÈS (*angl.* sandstone, *all.* sandstein). Roche arénacée très répandue dans la nature. Voyez GÉOLOGIE.

GRENADE. Sorte de petite bombe que l'on lance à la main.

GRENAT (*angl.* garnet, *all.* granat). Minéral d'une dureté à peu près égale à celle du quarz, ordinairement cristallisé en dodécaèdres rhomboïdaux ou en trapézoèdres et de couleurs variées. C'est un silicate multiple, fusible au chalumeau : sa densité varie de 3,35 à 4,25. Quelques variétés de hyacinthes, et surtout celle d'un beau rouge dite *pyrope* ou *escarboucle orientale*, sont employées dans la bijouterie. Les plus beaux pyropes viennent du royaume de Pégu et de l'île de Ceylan; en Europe, on en trouve aussi de très beaux, près de Mirowitz en Bohême, où ils donnent lieu à une exploitation assez considérable.

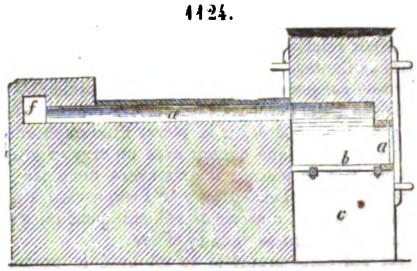
Les grenats se trouvent ordinairement entre les feuillets des schistes de transition les plus anciens.

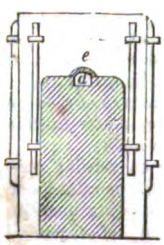
On fabrique de beaux grenats artificiels, en fondant ensemble : 931 grammes de strass incolore (voyez VERRE); 477 grammes de verre d'antimoine; 1 gramme de pourpre de Cassius, et 1 gramme de péroxyde de manganèse.

GRILLAGE DES MINERAIS. Voyez MÉTALLURGIE.

GRILLAGE DES TISSUS (*angl.* singeing of webs, *all.* sengen). Quand on examine des fils de coton, on les trouve recouverts, sur toute leur surface, d'un duvet qui, après le tissage, se retrouve à la surface et dans les intervalles des fils. Pour que ces étoffes puissent être employées, surtout si elles doivent être soumises à l'impression, il est indispensable de détruire ce duvet. Dans quelques fabrications, comme celle des velours, il est également nécessaire, après l'action des

1124.





1125.

ciseaux ou *forces*, pour obtenir une surface lisse, de détruire l'extrémité des filaments dont l'inégalité de longueur produirait un effet très désagréable.

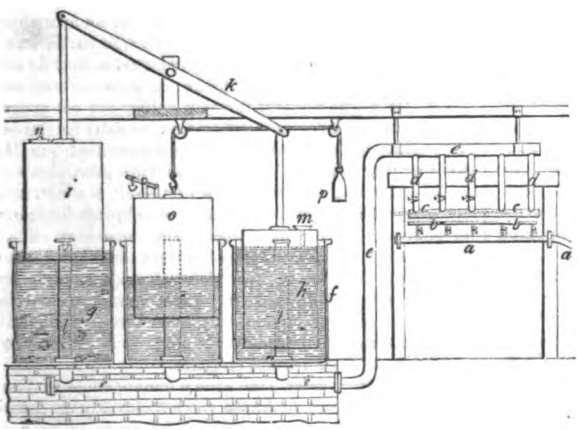
On flambait autrefois ces filaments, en les faisant passer d'une manière uniforme et rapide sur une plaque de fonte ou de cuivre laminé *e* (fig. 1124 et 1125), ayant ordinairement la forme d'un demi-cylindre, et chauffée en dessous au bois ou à la houille. Le combustible

Digitized by Google

était chargé sur la grille *b* par la porte *a*; *c* est le cendrier; la flamme passe en *d*, sous la pluque *e*, et se rend à la cheminée par le rempant *f*. Les plaques en cuivre rouge duraient dix à douze fois plus que celles en fonte, et, étant moitié moins épaisses, produisent une économie d'environ 50 p. 100 sur le combustible.

Le velours ne doit être flambé que sur une seule face; mais les toiles de coton, la dentelle, le sont des deux côtés. Ces tissus sont, dans tous les cas, amenés au contact avec la plaque rouge, par le moyen de cylindres sur lesquels ils sont tendus, et que met en mouvement une manivelle sur laquelle agit un moteur quelconque.

Actuellement on flambe les tissus au gaz, au moyen d'un appareil fort ingénieux dû à Samuel Hall (figure 1126). Le gaz, produit par les moyens indiqués dans l'article ÉCLAIRAGE AU GAZ, mais qui n'a pas besoin d'être épuré, arrive du gazomètre par le tuyau *aa*, d'où il passe dans un bec *bb*, placé au-dessous du fil ou du tissu à griller, lequel reçoit son mouvement à l'aide de rouleaux animés d'une vitesse convenable, et qui ne sont point figurés dans le dessin; le bec est percé d'un grand nombre de très petites ouvertures placées en ligne droite; au-dessus de cette rangée de trous est un tuyau horizontal *cc*, portant à sa partie inférieure une fente pour l'introduction de la flamme, et communiquant à sa partie supérieure avec les tubes *d* et *e*, où l'on produit l'aspiration, soit au moyen d'une machine pneumatique, soit, ce qui est bien préférable, à l'aide d'un ventilateur, dont l'action est continue et bien plus régulière. Le tuyau *cc* est nettoyé par une brosse métallique qui s'y meut à l'intérieur par un mouvement de va et vient.



1126.

La machine pneumatique indiquée dans la fig. 1126 renferme deux corps de pompe *h* et *i* fixés aux extrémités d'un même balancier *k*. Par les tubes plongeant dans deux cuves *f* et *g* pleines d'eau, dont le fond est traversé par des tubes *l*, *l*, ils s'embranchent sur le tuyau *ee*; ces tubes sont coiffés par des soupapes s'ouvrant de bas en haut; les corps de pompes ou cloches renversées *h*, *i*, sont également munis de soupapes *m*, *n*, s'ouvrant dans le même sens; un gazomètre à air *o*, à contrepoids *p*, portant une soupape qui s'ouvre de haut en bas, et communiquant avec le tuyau *ee*, sert à y régler la vitesse d'aspiration.

On place souvent deux appareils semblables à la suite l'un de l'autre, mais en sens inverse, lorsqu'il s'agit, par exemple, de flamber en une seule opération le tissu sur ses deux faces.

Quand il s'agit de griller des fils, on les envide sur des bobines, d'où ils se dévident sur d'autres bobines, en passant au travers de la flamme; pour les tissus, ils passent d'abord entre deux cylindres de bois recouverts d'étoffe de laine, sur lesquels ils doivent être étendus avec beaucoup de soin, ensuite sur des brosses qui relèvent les poils; et enfin, à la sortie de la flamme, entre deux cylindres semblables aux premiers et destinés à éteindre toutes les étincelles.

La rapidité de translation à donner aux fils et tissus dépend de leur nature; mais, dans tous les cas, le mouvement ne doit jamais être interrompu un seul instant, sans quoi le tissu s'enflammerait aussitôt.

GRUE (*angl.* crane, *all.* kranich). Pour définir de la manière la plus simple cet appareil, il suffit de dire qu'il est destiné à lever des fardeaux et à les transporter d'un point à un autre en leur faisant décrire une circonférence de cercle. Pour atteindre ce but, qu'on imagine une charpente en bois, en fer, ou en fonte, ou encore composée de ces trois matières; qu'on suppose que cette charpente, composée d'un axe vertical et d'une sorte de poutre armée en porte-à-faux, puisse être animé d'un mouvement de rotation, soit sur une crapaudine, soit sur des collets ou tourillons, soit dans des manchons, et l'on aura toutes les parties essentielles qui composent la charpente d'une grue, c'est-à-dire d'un appareil pouvant transporter des fardeaux d'un point à un autre d'une circonférence, et d'un point bas à un point élevé.

La seconde partie constituante d'une grue est le mécanisme; celui-ci peut être assimilé au mécanisme des tours ou treuils ordinaires: c'est un tambour mobile autour d'un axe horizontal sur lequel s'enroule une corde ou une chaîne portant le fardeau à soulever, ce tambour est mis en mouvement au moyen d'un système d'engrenages, qui, lui-même, le reçoit d'une manivelle ou de deux manivelles à angle droit. On reconnaît dans cet appareil toutes les parties constituantes du TREUIL (voyez ce mot). Le mécanisme et la charpente, ou squelette de la grue, sont intimement liés l'un à l'autre, et participent du même mouvement de rotation, en sorte qu'il convient de combiner ces deux parties de la grue, de manière à ce que chacune d'elles vienne en aide à l'autre, et de telle sorte que toutes deux viennent concourir à la solidité, au bon fonctionnement et à l'élégance de l'ensemble; ainsi d'une manière générale, les grues sont composées de deux flasques entre lesquelles sont presque toujours disposés les appareils servant au mécanisme.

Le poids à soulever est soutenu, en porte-à-faux, à l'extrémité de la partie inclinée de la charpente, qu'on appelle ordinairement le nez de la grue. On comprend en conséquence que le principal problème à résoudre est de contrebalancer le poids, qui est à l'extrémité d'un bras de levier assez long, de manière à donner toute stabilité à l'axe vertical. Cette stabilité est obtenue souvent au moyen d'un établissement solide de cet axe entre ses manchons, ses guides ou ses tourillons. Quelquefois aussi on maintient cette verticalité et l'on évite les efforts de traction qui s'exercent sur cet axe en contrebalançant partiellement ou en totalité, le poids à soulever. Ces différentes méthodes varient avec l'usage auquel sont destinées les grues, et comme notre Dictionnaire est principalement fait au point de vue pratique, nous examinerons d'abord les différentes espèces de grues et leurs différents modes de construction.

Les usages auxquels s'appliquent cette machine sont nombreux.

Un des premiers usages auxquels elle a été employée sont les constructions des bâtiments, des ponts, des

Digitized by Google

phares, des ports, etc., et en général de tous les travaux qui exigent l'emploi de lourds matériaux. Dans ce cas, la grue a une grande hauteur pour éviter son remplacement à mesure que la construction s'élève.

Dans ces derniers temps, elle a été mise de côté, et l'on a employé de préférence un système que nous devons décrire ici. On l'emploie particulièrement dans la construction des ponts; il se compose d'un chariot composé de deux fermes verticales en charpente, servant de support à un plancher solide situé à un niveau supérieur à la plus grande hauteur de la construction à établir. Ce chariot est mobile dans un sens longitudinal, sur un chemin de fer; il repose sur des galets ou sur des roues de waggon. Le plancher supérieur qui est de la largeur de la construction, est garni d'un petit chemin de fer dont l'axe est perpendiculaire à l'axe longitudinal sur lequel marche le chariot principal. Sur ce plancher et sur ce chemin de fer repose un treuil mobile qui sert à élever les matériaux, en sorte que ceux-ci peuvent être portés à l'aide de cet appareil à tous les points de la construction, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal. On voit donc que ce système est destiné à élever les fardeaux et à les transporter d'un point à un autre. Il remplirait donc une partie des conditions qui rentrent dans la définition de la grue; mais il en diffère essentiellement en ce qu'il n'est pas composé d'une charpente en porte-à-faux pouvant tourner autour d'un axe central. Nous avons décrit cet appareil parce qu'il a généralement remplacé les grues, depuis quelques années, dans la construction des ouvrages d'art.

Quelque variées que soient les dispositions des grues, on peut, d'une manière générale, les diviser en deux classes principales, savoir : 1° les grues à simple volée; 2° les grues à double volée.

Grues à simple volée. Tous les systèmes de grues à simple volée peuvent être ramenés à trois genres, qui sont les suivants :

1° Grues à arbre tournant sur pivot et sur tourillon supérieur ;

2° Grues à arbre tournant sur pivot inférieur et dans un collier;

3° Grues à arbre fixe.

L'énoncé seul de ces trois genres suffit pour en faire comprendre la disposition. Nous les décrirons succinctement :

I. — Les parties essentielles d'une grue de premier genre, sont : 1° un arbre vertical qui tourne sur un pivot dont la crapaudine est fixée dans un dé en pierre ; à la partie supérieure, cet arbre porte un tourillon tournant dans un support fixé, soit à une poutre, soit à un mur :

2° Un ou deux tirants perpendiculaires ou inclinés à l'arbre et solidement assemblés avec lui ;

3° Un ou deux bras assemblés d'un côté avec les tirants, et de l'autre, soit directement avec l'arbre, soit au moyen d'un système de pièces fixé solidement à l'arbre.

Le fardeau à soulever s'attache à une corde qui passe sur la poulie de tête et vient s'enrouler sur un treuil, qui est à double ou à simple engrenage, suivant les fardeaux que l'on a à soulever.

Nous ferons remarquer ici que dans ce genre de grue, comme dans tous les autres, l'arbre, les tirants et les bras doivent former un triangle invariable.

Ce premier genre de grue est simple et généralement employé lorsque l'on peut se procurer un point d'appui supérieur.

II. — Les grues du deuxième genre ont une partie de leur arbre logée dans une espèce de puits réservé dans un massif de maçonnerie, le pivot de l'arbre tourne dans une crapaudine scellée dans la maçonnerie, le dessus du puits est couronné par une forte plaque à collier en fonte abaissée intérieurement et scellée solidement sur le massif; à la hauteur du collier, l'arbre de la grue porte un manchon alésé extérieurement. Ce manchon est placé sur l'arbre concentriquement avec le collier de la plaque de fonte; des galets cylindriques, dont les axes sont maintenus par deux cercles en fer placés dans l'espace qui se trouve entre la plaque et le manchon, diminuent le frottement qui aurait lieu par suite de la rotation du manchon sur les colliers.

Ce genre de grue est principalement employé sur les quais, dans les entrepôts et magasins et généralement partout où l'on ne peut avoir un point d'appui supérieur. On peut étudier à l'entrepôt du Marais, à Paris, une série de grues de différentes constructions. Nous avons pensé qu'il convenait de donner un dessin de grue de ce système, parce qu'il est le plus fréquemment employé (fig. 4127). L'examen seul de la figure suffit pour faire comprendre comment fonctionne cet appareil.

III. — Les grues du troisième genre ont un arbre fixe encastré dans un massif de maçonnerie à sa partie inférieure ou ayant deux points d'appui; c'est autour de cet arbre fixe que tourne la charpente, en porte-à-faux, sur des galets à axe vertical formant collier sur cet arbre. Ces grues sont fréquemment employées dans les fonderies, elles coûtent moins cher d'établissement que les précédentes. Les bras et l'arbre se font généralement en bois et les tirants en fer. Si l'on avait à construire une grue de ce genre destinée à lever de lourds fardeaux on pourrait adopter une disposition consistant en un bâti en fonte disposé en deux flasques tournant autour d'un arbre fixe. Sur ce bâti viendraient s'assembler les bras et les tirants de la grue. Quant au mouvement de rotation on pourrait l'opérer au moyen d'un petit chemin de fer disposé circulairement, le poids de la grue se reporterait sur 3 ou 4 roues en fonte.

Grues à double volée. Une grue à double volée se compose de deux grues à simple volée fixées sur un même arbre et diamétralement opposées; les deux volées présentent l'avantage de se faire équilibre mutuellement et permettent de n'opérer qu'une demi-révolution pour effectuer un chargement ou un déchargement, car le poids peut être appliqué à l'une quelconque des poulies, puisque les 2 cordes s'enroulent en sens inverse sur le tambour; on peut même dans ces grues employer la pression d'un poids descendant pour en élever un autre.

Quand la grue ne fonctionne pas, les deux volées se font naturellement équilibre; mais quand on soulève un fardeau il faut l'équilibrer au moyen d'un contrepoids suspendu à la seconde volée.

Les grues à double volée sont toutes à arbre fixe; le moyen employé pour donner un mouvement de rotation à la charpente en porte-à-faux autour de cet arbre est variable suivant les cas. Nous en donnerons quelques exemples :

M. Albert a construit sur le quai d'Orsay une grue à double volée du premier genre dans laquelle le mode d'application des hommes est le plus avantageux possible. Cette grue est toute en bois, les hommes agissent sur les chevilles d'une grande roue de 3 mètres de diamètre; de cette manière on n'a plus les frottements d'engrenage. La double volée est mobile autour de l'arbre au moyen d'un chariot à galets.

La grue de Saint-Ouen est de ce genre, seulement les charpentes en porte-à-faux au lieu d'être en bois sont composées de deux flasques en fonte.

La grue de Maudslay a le même mouvement de rotation, seulement le système repose sur un plateau sur roulettes qui permet de transporter l'appareil en un point quelconque de l'atelier.

Au lieu de faire reposer la double volée sur une plateforme inférieure à galets à axe horizontal, on peut la faire tourner autour de l'arbre, soit au moyen de galets à axe vertical, soit à l'aide d'un collier, ou bien on peut

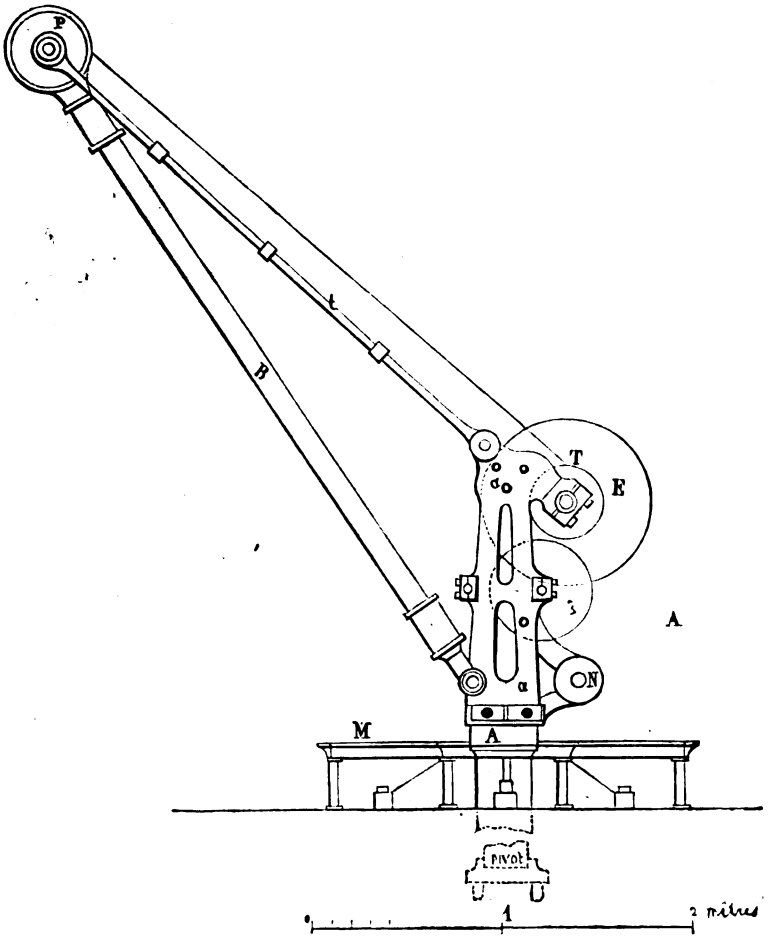
Digitized by Google

encore se servir d'un tourillon supérieur reposant sur l'arbre à son sommet et supportant tout le système.

On voit qu'on peut varier à l'infini ce système de construction et de rotation.

Souvent dans les ateliers de construction ou dans les usines on emploie des grues dites à volée variable, c'est-

établissement ; l'arbre est en fonte, il est creux ; à l'intérieur se trouve un autre arbre en fer qui porte une crémaillère engrenant avec un pignon, ce qui permet d'allonger ou de raccourcir l'arbre; sur la longueur du chemin de fer se trouvent des crapaudines fixées dans le plancher; lorsque l'on veut arrêter la grue en un point,



1127.

à-dire que non seulement elles peuvent prendre et déposer des fardeaux sur tous les points d'une circonférence, mais encore sur tous les points du rayon de cette circonférence. On comprend facilement l'utilité d'une pareille grue... MM. Manby et Wilson employaient une grue de ce genre; elle était en fonte, et la poulie sur laquelle passait la corde pouvait prendre un mouvement de translation sur un petit chemin de fer supporté par les tirants; le mouvement s'opérait par une crémaillère horizontale engrenant avec un pignon auquel on donnait le mouvement au moyen d'une chaîne à la Vaucanson. A l'établissement de Chaillot il y avait une grue disposée comme celle que nous venons de décrire.

M. Decoster a établi dans ses ateliers une grue mobile; cette grue, établie sur un petit chariot, marche sur un chemin de fer établi dans toute la longueur de son

on allonge l'arbre, le tourillon vient dans la crapaudine, et la grue fonctionne comme une grue du premier genre.

Dans ces derniers temps, les Anglais ont remplacé les grues des ateliers de construction par le mécanisme suivant : ils emploient un chariot qui se meut sur un chemin de fer établi sur les deux murs de l'atelier ; sur ce chariot se meut perpendiculairement un treuil.

Lorsque l'on a un fardeau à élever on fait d'abord marcher le chariot, puis on amène le treuil au-dessus de l'endroit où se trouve le fardeau, on le soulève au moyen du treuil, puis en faisant marcher le chariot on le transporte là où l'on veut.

M. Arnoux a construit au chemin de fer d'Orléans des grues d'un nouveau système qui servent à charger les diligences sur les wagons du chemin de fer. Ces

Digitized by Google

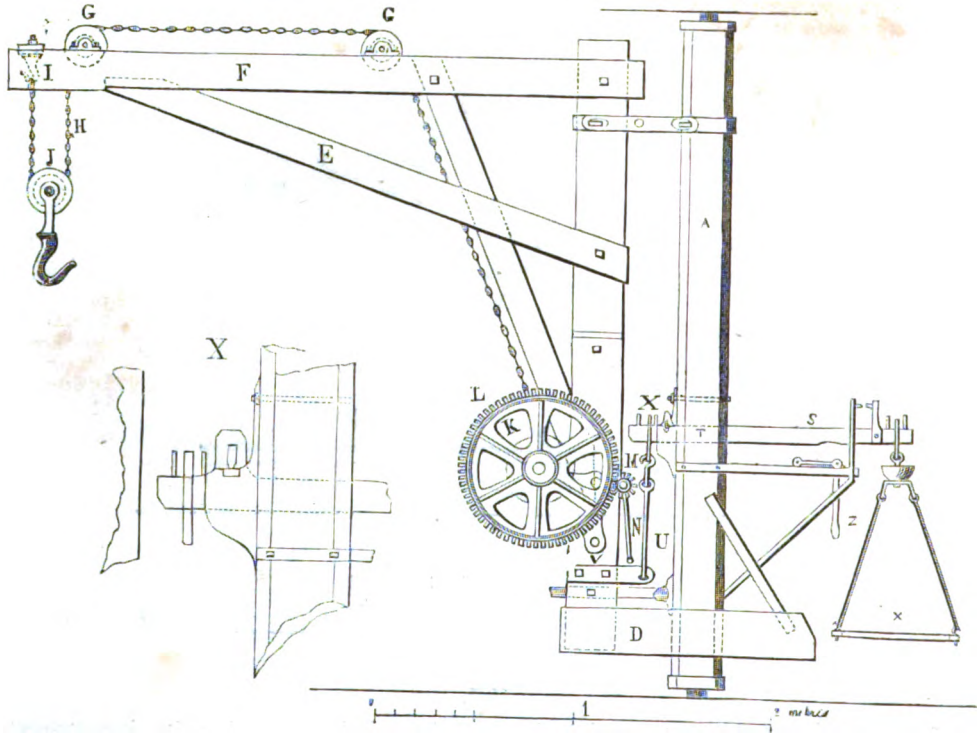
grues se composent d'un bâti en charpente muni de rails sur lesquels se meut un chariot destiné à porter la diligence et les appareils de chargement.

A ce chariot est attenant un engrenage conduisant une chaîne horizontale fixée sur le bâti en charpente, mécanisme qui permet de le faire marcher sur les rails, horizontalement, dans un sens ou dans l'autre. Les appareils de chargement se composent : d'un treuil à manivelle, d'un frein pouvant agir sur ce treuil, d'un système de roues dentées de différents diamètres et de chaînes qui, s'enroulant en sens inverse sur le treuil, vont passer sur des poulies ; aux extrémités de ces chaînes se trouvent des tringles en fer rond qui viennent s'engager dans des trous traversant de petites pièces en fer recourbées, fixées à la caisse de la diligence. Celle-ci se trouve ainsi suspendue aux tringles, et en donnant un mouvement aux engrenages dans un sens ou dans un autre, on fait monter ou descendre la caisse ; on peut ainsi l'enlever de dessus ses roues et la porter sur un wagon ou réciproquement.

ment oscillatoire du poteau C ; ce mouvement s'opère par l'intermédiaire du levier S, qui passant à travers le poteau pivotant A s'appuie sur un support X. Une tringle de suspension U s'attache d'un côté au petit bras du levier et de l'autre à la pièce V fixée solidement sur C. Une dragonne Z, semblable à celle des bascules ordinaires, soulève à volonté le plateau peseur et fait que la grue repose sur la semelle D.

La grue abandonnée à elle-même s'appuie sur la semelle D ; quand on veut peser un fardeau quelconque au moyen de cette grue-balance, on tare d'abord le poids des appareils nécessaires à la manœuvre, tels que cordes, chaînes, crochets, etc., puis on soulève la dragonne pour faire appuyer la grue sur la semelle D. On enlève le fardeau au moyen du treuil de la grue ; quand il ne touche plus le sol on enlève la dragonne et on pèse ensuite ; on soulève de nouveau la dragonne et on manœuvre comme avec une grue ordinaire.

Dans les grues de MM. George on pèse à la fois tous les appareils nécessaires à la manœuvre de la machine



1128.

Il y a peu d'années, MM. George père et fils ont fait des grues qui permettent de soulever des fardeaux et de les peser en même temps ; et qu'ils ont appelé grues dynamométriques. Ce système est représenté en élévation dans la fig. 1128 ; elle se compose de deux parties, la partie A formant l'axe qui tourne librement à la manière des grues du premier genre, et la partie C qui constitue la grue proprement dite et porte tout le mécanisme qui sert à l'élévation des fardeaux.

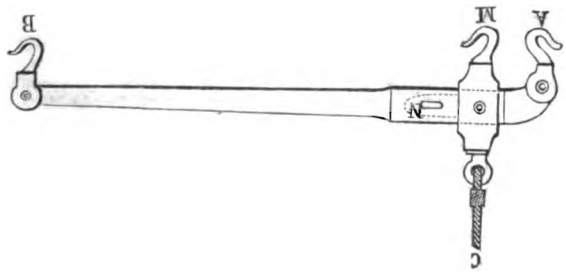
Le poteau C est réuni au poteau A par quatre pièces Q et R, dont les deux premières font fonction de tirants et les autres celle de buttée ; ces pièces constituent le parallélogramme qui donne le parallélisme au mouve-

et le fardeau à soulever. M. Decoster a imaginé une grue au moyen de laquelle on ne pèse que le fardeau.

Au lieu d'attacher directement au câble la pièce à soulever, on interpose une romaine (voyez BALANCE) entre le poids à soulever et le câble. Ainsi, par exemple (fig. 1129), C est le câble, et AB la romaine. Si on veut peser la pièce en la soulevant, on l'attache en A et on équilibre sur le levier MB ; si on veut lever des pièces sans les peser on les attache en M et la grue fonctionne comme une grue ordinaire. Ici le bras MB pourrait être gênant pour le service de la grue, c'est pourquoi M. Decoster a brisé le grand bras du levier de la romaine, et quand il a besoin de peser il vient emmancher un grand

Digitized by Google

bras portatif dans la partie de la romaine qui reste toujours fixée au câble; la clavette N sert à assembler le levier avec la romaine.



1129.

On voit que le système de M. Decoster diffère essentiellement du système de MM. George, en ce que ces derniers font équilibre au poids soulevé et s'opposent ainsi au renversement.

On a essayé de remplacer les grues par des leviers à bras inégaux; sur le bras le plus grand est disposé un poids, mobile à l'aide d'un chariot qui se meut sur un chemin de fer. Quand le chariot est à une distance du point d'appui, telle que son poids, multiplié par le bras de levier, soit plus grand que le poids à soulever, multiplié par son bras de levier, l'équilibre est rompu et le poids est enlevé.

Nous n'en dirons pas davantage de ces grues, parce qu'elles ne nous paraissent pas compenser par des avantages réels les nombreux inconvénients qu'elles présentent en raison du choc provenant de la vitesse acquise.

Quand on veut faire le projet d'une grue, il faut pouvoir déterminer les pressions qui s'exercent aux différents points de la machine. Pour arriver à ce résultat nous donnons la méthode suivante, indiquée par M. Bélanger, qui nous paraît préférable à la méthode qui consiste à décomposer les forces, parce qu'elle est plus générale.

que celles d'un système de trois corps assemblés en A, B et M.

Ainsi on a le système de trois corps AB, AM, BM, assemblés en A, B, M, on demande les conditions d'équilibre d'un pareil système et les pressions qui ont lieu en A, B, M.

Soient P, P' et P'', les pressions qui ont lieu en A, B, M dont les projections horizontales et verticales sont Px, Py, P'x, P'y, P''x, P''y, quantités positives ou négatives suivant que les composantes qu'elles représentent agissent dans le sens Ax, Ay, ou en sens inverse.

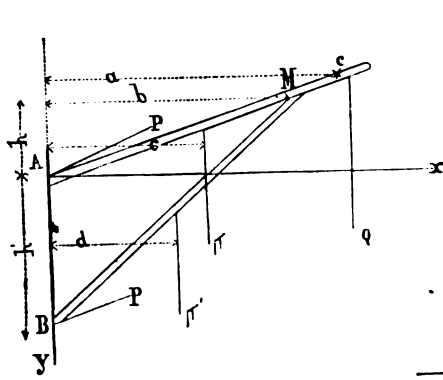
Π et Π', les poids des pièces AM, BM, appliqués au centre de gravité desdites pièces.

Q, le fardeau maximum à soulever.

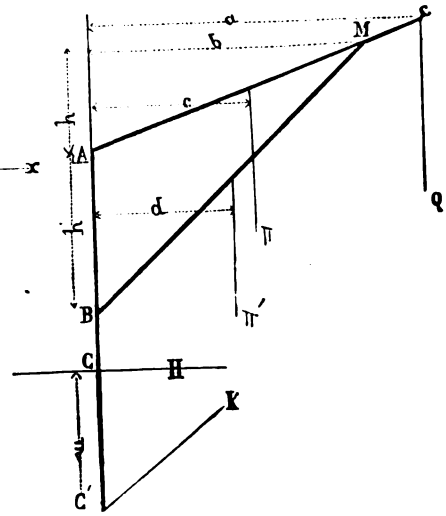
Cela posé nous ferons les trois remarques suivantes : 1° Le corps AM est en équilibre sous l'action des forces Π, Q, P et P'', donc les moments par rapport à un axe horizontal passant en M, donnent $Px \cdot h + Py \cdot b + \Pi\,(b-a) - Q\,(a-b) = o$ (1). 2° L'ensemble des trois corps est en équilibre sous l'action des forces Q, Π, Π', P et P', donc les moments par rapport à un axe horizontal passant en B donnent $Px \cdot h' + \Pi \cdot c + \Pi' \cdot d + Q \cdot a = o$ (2). 3° Et la condition de la nullité de la résultante de translation s'exprime par les équations suivantes : $Px + P'x = o$ (3) $Py + P'y + Q + \Pi + \Pi' = O$ (4). On a ainsi 4 équations pour déterminer 4 inconnues Px, Py, P'x, P'y.

Au point M le corps AM exerce une pression P'' sur le corps BM, dont les projections horizontale et verticale P''x, P''y, se déterminent par les 2 équations suivantes : $P'x + P''x = O$ (1) $P'x + P''y + Q = O$ (2). On a ainsi 2 équations pour 2 inconnues.

Nous avons vu que dans les grues du second genre l'arbre tournait dans une crapaudine et était retenu par un collier; dans ce cas le collier sans frottement exercera une pression horizontale H et la crapaudine une pression oblique K. Il faut déterminer les pressions H et K pour connaître les dimensions à donner au



1130.



1131.

Une grue, quelle que soit la disposition, peut toujours être ramenée aux fig. 1130 et 1131, dans laquelle AB serait l'arbre, AM les tirants, et BM les bras. Les conditions d'équilibre de la grue seront donc les mêmes

massif de maçonnerie qui doit supporter la grue.

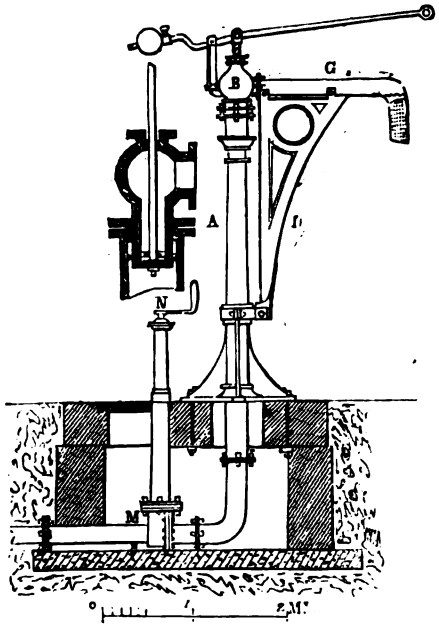
En prenant les moments par rapport à un axe passant en C' on a $H \cdot m + Q \cdot a + \Pi \cdot c + \Pi' \cdot d = O$ (1) et l'équilibre de translation donnera

Digitized by Google

$Kx + H = 0$ (2) et $Ky + Q + P + P' = 0$ (3).

Connaissant les pressions qui ont lieu aux différents points d'assemblage, on pourra déterminer les dimensions des différentes pièces de la grue. V. B***.

GRUE HYDRAULIQUE. On donne le nom de grues, dans les chemins de fer, à des appareils d'une forme analogue à celle des grues ordinaires, mais qui sont destinés à un usage tout à fait différent. Ils servent à amener l'eau nécessaire pour remplir les tenders des machines locomotives.



1132.

On en voit un exemple dans la fig. 1132, qui représente la grue hydraulique employée au chemin de fer d'Orléans.

Cette grue se compose d'un tuyau vertical en fonte présentant la forme d'une colonne creuse et terminée à sa partie inférieure par une large base formant plaque de fondation, qui est reliée au corps de la grue par quatre côtes de renfort. La partie supérieure est terminée par un cylindre entrant à frottement doux dans une boîte à étoupes, et surmontée d'une sphère à laquelle est adapté le support du levier qui sert à ouvrir et à fermer la soupape appliquée à la partie inférieure du cylindre mobile, comme il est indiqué en détail fig. 1132.

Cette sphère forme aussi raccord avec la partie horizontale G, par laquelle l'eau se distribue dans les tenders; celle-ci est supportée par une potence boulonnée à la partie inférieure à un collier K, qui embrasse la colonne A, et avec laquelle elle peut tourner dans la gorge formée par deux parties saillantes.

Le tuyau vertical se prolonge horizontalement dans sa partie inférieure pour se raccorder avec les tuyaux de communication du réservoir principal.

Pour intercepter à volonté la communication des réservoirs avec la grue, le tuyau de raccordement P, porte une boîte rectangulaire en fonte M, renfermant un tiroir que l'on peut manœuvrer à l'aide d'une longue tige contenue dans une petite colonne en fonte qui surmonte la boîte M en s'élevant au-dessus du sol.

L'ascension de l'eau a lieu dans cet appareil par suite de la pression qui résulte de la différence qui existe entre le niveau du château d'eau et le tuyau horizontal G.

Au chemin de fer de Versailles (rive droite), les grues hydrauliques ont une disposition analogue, seulement le tuyau coudé se compose de deux parties, l'une fixe faisant corps avec le tuyau vertical, l'autre mobile autour de la première et reposant sur une potence mobile fixée le long du tuyau vertical. L'assemblage des deux parties du tuyau coudé doit être fait avec soin pour ne pas laisser échapper l'eau.

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), le tuyau coudé et la potence mobile sont remplacés par un tuyau en cuir. Du reste la disposition est la même que pour les précédentes.

Enfin, au chemin de fer de Bâle à Strasbourg, le tuyau coudé est disposé comme celui de la grue d'Orléans, seulement il n'est pas supporté par une potence : c'est le système le plus défectueux.

H

HACHE (*angl.* axe, *all.* beil). La hache ou *cognée* est un outil très employé par les charpentiers et surtout par les bûcherons, dont le tranchant est placé en retour d'équerre au bout d'un manche, et dont la manœuvre est bien connue.

HACHE-PAILLE. Instrument servant, comme son nom l'indique, à hacher la paille que l'on donne comme aliment aux bestiaux. Ces machines sont, en général, trop compliquées; d'ailleurs beaucoup de personnes pensent qu'il vaut mieux, sous le rapport de la nutrition, employer de la paille triturée dans les machines à battre le blé que coupée ou hachée.

HAQUET. Voiture à deux roues et à deux brancards longs, forts et très rapprochés l'un de l'autre, sur laquelle on transporte, dans l'intérieur des villes, les marchandises en tonneaux. Cette voiture, à laquelle on attelle quelquefois plusieurs chevaux en file, a une limonière fixée à articulation contre une des extrémités des brancards; de sorte que ceux-ci, posés en équilibre sur l'essieu, peuvent s'incliner en arrière jusqu'à ce que leurs extrémités postérieures touchent à terre. C'est dans cette position inclinée qu'on charge et qu'on décharge le haquet, à l'aide d'une corde double, dont les bouts s'enveloppent sur un treuil placé horizontalement près de la limonière, sur le bout des brancards. Ce treuil, prolongé en dehors du brancard du côté du montoir où se tient toujours le *haquetier*, porte une tête frettée traversée en croix par deux forts bâtons servant de leviers, à l'aide desquels un homme seul fait monter un ou plusieurs tonneaux à la fois le long des brancards du haquet, jusqu'à ce que le centre de gravité de la charge se trouve à peu près au-dessus de l'essieu. Il l'arrête provisoirement à cet endroit avec une cheville de fer qu'il introduit dans un des trous pratiqués de distance en distance le long d'un des brancards. Lâchant le treuil, il va chercher de la même

Digitized by Google

manière d'autres tonneaux, qui viennent à leur tour pousser les premiers. La charge glisse très aisément sur les brancards, parce qu'ils sont garnis de fer poli, jusqu'a ce qu'ils reprennent leur position horizontale, dans laquelle le haquetier les maintient avec une forte cheville de fer qu'il introduit dans des trous correspondants percés à la fois dans les brancards et dans la limonière.

Le déchargement est encore bien plus facile, puisqu'il ne s'agit que de rendre aux brancards leur position inclinée en arrière, et de laisser glisser les tonneaux jusqu'à ce que le dernier chargé tombe à terre, le treuil servant de frein pour modérer leur vitesse. Alors, faisant avancer les chevaux, tous les autres tonneaux sont successivement mis à terre sans qu'on ait à craindre le moindre accident.

C'est au célebre Pascal qu'on doit l'invention de cette voiture, qui offre un moyen extrêmement simple et commode de charger et de décharger les marchandises.

HAUT-FOURNEAU. Voyez FER.

HÉMATINE. Principe colorant du bois de Campêche. Voyez BOIS DE TEINTURE.

HÉMATITE BRUNE. Minerai de fer oxydé hydraté en masse. Voyez FER.

HÉMATITE ROUGE. Minerai de fer oxydé rouge. Voyez FER.

HÉPATIQUE. Se dit des composés ou des liqueurs qui renferment des sulfures alcalins, et en particulier du sulfure de potassium dont la couleur est brun de foie; ce mot vient du latin *hepar*, qui veut dire foie : on donnait autrefois au sulfure de potassium le nom de foie de soufre.

HÉRISSON. Roue portant, sur son contour extérieur, des dents qui engrènent avec une lanterne, un pignon, ou une autre roue placée dans le même plan qu'elle; ou bien qui conduit une chaîne sans fin. On fait ordinairement ces roues en fonte avec des dents en bois ou *alluchons*, solidement plantés dans des mortaises ménagées dans la fonte, ou on les retient avec des chevilles de fer.

HERSE. Instrument employé en agriculture pour unir et émietter la surface d'un terrain labouré, et pour enfouir la semence. Sa forme est celle d'un trapeze, d'un carré long ou d'un triangle, présentant une surface d'environ 4 mètres. Le bâti se compose d'un encadrement et de traverses en bois fortement assemblées, dans lesquelles sont plantées 25 à 30 dents de fer ou de bois, à égale distance les unes des autres, et légèrement inclinées dans le sens du mouvement qu'on donne à la herse. On place ordinairement sur le côté opposé aux dents, qu'on nomme dos de la herse, deux barres en bois dans le sens du mouvement; elles servent non seulement à consolider le bâti de la herse, mais encore de traîneau pour la conduire aux champs.

Les herses triangulaires sont les plus simples et les plus usitées; on les tire par un anneau de fer placé à l'angle antérieur. Les dents, espacées de 7 à 8 centim., sont plantées dans les côtes obliques et dans des pièces intermédiaires disposées parallèlement à un des côtés.

Les herses carrées ou trapèzes sont formées de cinq barres parallèles ou à peu près, maintenues à égales distances par deux traverses faisant avec elles des angles droits. On les tire par un des angles. Leur marche se fait dans le sens de la diagonale.

HORLOGERIE (*angl.* watch-making, *all.* uhrmacherkunst). Dans l'antiquité et même dans les premiers siècles de l'ère chrétienne, le temps se mesurait au moyen de cadrans solaires, et de *clepsydres* ou horloges d'eau; dans les premiers, au moyen d'une aiguille ou de l'arête supérieure d'un plan perpendiculaire au cadran, et dont l'ombre tombait sur des lignes destinées à marquer les heures; dans les seconds, au moyen d'une certaine quantité d'eau s'écoulant, par une petite ouverture, d'un vase sur lequel étaient tracées des lignes qui indiquaient depuis combien de temps le vase se vidait; ce n'est que beaucoup plus tard que l'on a inventé et successivement perfectionné les *horloges*, les *montres* et les *chronomètres*, qui marquent le temps par des mouvements mécaniques variés dont nous allons donner une description succincte.

Dans la plupart des horloges, le moteur est un poids attaché à une corde enroulée sur une poulie; l'autre extrémité de cette corde porte un contre-poids plus faible, qui la maintient tendue. Si ce poids était abandonné librement à l'action de la pesanteur, il tomberait avec une vitesse accelérée; mais à peine a-t-il parcouru un petit espace en descendant, que sa chute se trouve arrêtée par un obstacle périodique dont nous parlerons plus loin; aussitôt que ce dernier cesse d'agir, la chute du poids moteur recommence, pour s'arrêter de nouveau après que la même hauteur a été parcourue, et par l'effet du même obstacle. On obtient ainsi une série de chutes *isochrones*, c'est-à-dire de même durée, que l'on indique et que l'on compte au moyen d'aiguilles qui marchent sur un cadran, et qui reçoivent, à l'aide de rouages, leur mouvement de la poulie que fait tourner la corde tirée par le poids moteur.

Dans les pendules que l'on place sur les cheminées, et dans les montres, le poids moteur est remplacé par un ressort spiral qui se débande peu à peu, et qu'arrête, apres des intervalles égaux, un obstacle périodique.

Dans les montres, l'obstacle périodique est un autre spiral fort délicat, que les débandements successifs du grand ressort moteur font courber chaque fois en spirale d'une quantité toujours la même. Cette impulsion est régularisée par une roue *balancier*, sur l'axe de laquelle est fixé ce ressort régulateur, et qui tourne alternativement avec lui dans un sens ou dans un autre.

Dans toutes les horloges, l'obstacle régulateur est un *pendule*, c'est-à-dire un corps pesant, tel qu'une lentille de plomb ou de cuivre, fixée au bas d'une tige suspendue, soit par une petite bande métallique mince et flexible, soit à l'aide d'une sorte de *couteau*, qui la traverse normalement au plan d'oscillation et qui porte, par son tranchant, sur deux appuis, comme on le fait pour les fléaux de la plupart des balances. Enfin, dans les horloges les plus parfaites, on emploie pour suspendre le pendule un ressort élastique pressé entre deux couteaux horizontaux.

Les oscillations du pendule ou du balancier sont liées aux chutes successives du poids moteur ou aux débandements du ressort spiral au moyen de rouages et d'un appareil qui porte le nom d'*échappement*. Si le pendule ou le balancier existait seul dans l'horloge ou la montre, il finirait par s'arrêter à cause des frottements du point de suspension ou du pivot et de la résistance de l'air qu'il traverse; mais, chaque fois, le moteur auquel il résiste lui donne une petite impulsion qui compense les pertes de forces dues aux effets ci-dessus.

Compensateurs. La dilatation dans les pendules, en allongeant la tige, abaisse le centre d'oscillation et, par conséquent, augmente la durée de chaque oscillation; le froid produit l'effet contraire. Les variations de température produisent le même effet dans les balanciers régulateurs des montres en faisant varier la longueur des bras qui en portent la couronne. Pour remédier à ces variations perturbatrices on a imaginé d'employer comme correcteur la chaleur elle-même : le pendule ou balancier compensateur est construit de telle sorte que, pendant qu'une partie de sa masse s'éloigne du centre d'oscillation, le reste s'en rapproche de manière à produire une compensation.

Dans le compensateur le plus employé, au lieu de lier, par une simple tige métallique, l'axe d'oscillation du pendule à la lentille qui forme la masse principale

Digitized by Google

de ce dernier, on remplace cette tige, sur une partie de sa longueur, par un cadre en fer, dont la traverse inférieure porte deux tiges en cuivre qui s'élèvent dans l'intérieur du premier cadre en fer, et qui sont réunies par une traverse supérieure; cette dernière porte deux tiges en fer descendantes que réunit, à leur partie inférieure, une traverse sur laquelle s'appuient deux nouvelles tiges ascendantes en cuivre, réunies par une traverse supérieure à laquelle on fixe la tringle de fer qui porte la lentille. Par l'effet de la dilatation, toutes les tiges de fer tendent à faire descendre la lentille, tandis que celles de cuivre tendent à la faire remonter; il suffira, pour que celle-ci demeure à la même distance de l'axe de suspension, que les sommes respectives des longueurs de ces tiges soient en raison inverse des coefficients de dilatation des métaux qui les composent; c'est-à-dire que la somme des tiges de fer soit environ les 3/2 de celle des tiges de cuivre, la dilatation de ce dernier métal étant environ les 3/2 de celle du premier.

Le compensateur que l'on applique aux montres marines et aux chronomètres consiste dans des lames formées de plusieurs métaux superposés, qui, par un bout, se fixent à la circonférence du balancier, et qui, à l'autre bout, portent de petites masses d'or. Le métal le plus dilatable est en dehors, et, de plus, les bandes métalliques sont soudées ensemble de sorte qu'elles ne peuvent glisser l'une sur l'autre. Quand la chaleur augmente, les lames les plus dilatables ne peuvent occuper une longueur comparativement plus grande que les autres, qu'en se courbant avec elles de manière à occuper la convexité et les autres lames la concavité de l'arc métallique; la concavité se formant du côté du balancier, les petites boules d'or se rapprochent de celui-ci et, par suite, de l'axe d'oscillation, ce qui peut compenser l'éloignement du balancier du même axe, par suite de la dilatation des bras qui le portent. On détermine d'abord approximativement par le calcul les dimensions de chacune des parties qui composent cet appareil, puis on parvient par tâtonnement à une exactitude rigoureuse en faisant varier la position des boules sur les lames à l'extrémité desquelles elles sont montées à vis. On emploie aussi le même principe dans quelques pendules.

Le prix élevé des compensateurs a conduit à chercher des substances qui fussent à peu près exemptes de la dilatation et qui pussent fournir des tiges de pendules. Le bois sec et en particulier le sapin du nord bien sain et ayant fait son effet, disposé de manière à ce que les fibres soient dirigées dans le sens de la longueur du pendule, donne de bons résultats; l'action hygrométrique de l'eau ne fait qu'écarter les fibres sans les allonger.

Quand le moteur d'un appareil chronométrique est un poids, il offre cet avantage que son action est toujours la même. La quantité de corde change, il est vrai, soit du côté du poids moteur, soit du côté du contrepoids, à mesure que le premier descend et que l'autre monte, mais c'est là une variation peu importante, surtout quand les poids employés sont considérables. Quand au contraire le moteur est un ressort, la force de ce dernier va en s'affaiblissant au fur et à mesure qu'il se déroule et, par suite, il tend à prendre lui-même et à communiquer au reste du mécanisme une vitesse de moins en moins grande, aussi a-t-on soin de remonter le ressort quand il n'a fait qu'une partie de son effet; plus cette partie sera petite comparativement au développement total, plus l'intensité du moteur pourra être considérée comme constante. Pour remédier d'une manière plus efficace à cette diminution de la force du moteur, on a imaginé de placer comme intermédiaire, entre ce dernier et le reste du mécanisme une *fusée*, sorte de cône parabolique sur lequel s'enroule une chaîne articulée qui s'enroule également sur un tambour ou *barillet*, dans lequel est emprisonné le ressort moteur. Au fur et à mesure que le ressort se débande et que son tambour tourne, la portion de chaîne qui joint le cône au tambour, et qui se déroule sur le cône, vient toucher ce dernier, de plus en plus loin de son sommet, et par conséquent agit à l'extrémité d'un rayon encore plus grand, ce qui compense la diminution de l'énergie du ressort. Lorsque la mode est venue de proscrire les montres épaisses pour les remplacer par les montres plates, on a dû abandonner la fusée, qui nécessairement occupe une certaine hauteur, et, à la place, on a imaginé de donner à la bande d'acier, qui forme le ressort, une largeur de plus en plus grande à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité qui se déroule la dernière, c'est-à-dire de celle qui est au centre de la spirale qu'il forme; cette augmentation de matière élastique produit nécessairement un accroissement proportionnel de force, et tend à compenser la diminution d'intensité que produit le débandement partiel déjà effectué par tout le ressort.

On donne le nom d'*échappement* à un mécanisme qui réunit le moteur au régulateur, et qui, quelque varié qu'il puisse être, se réduit toujours à produire, entre la roue la plus éloignée du moteur et le régulateur, une action réciproque, en vertu de laquelle, d'une part, le régulateur ralentit cette roue et rend sa marche uniforme, tandis que, d'autre part, une partie aliquote quelconque de la force motrice, arrivée à la dernière roue, se transmet au régulateur, pour entretenir les oscillations de ce dernier, qui cesseraient tôt ou tard par suite des résistances dues au frottement sur les pivots ou à l'ébranlement de l'air.

Les divers échappements peuvent être rangés en deux classes, les échappements à *recul*, et ceux à *repos*. Dans les premiers, le mouvement de la roue n'a pas lieu constamment dans le même sens, mais elle avance et recule par petits intervalles successifs, de manière cependant à ce qu'il échappe une dent à chaque oscillation du balancier : l'échappement dit à *roue de rencontre*, presque exclusivement usité pour les montres communes, appartient à cette classe. Les échappements à repos, ainsi nommés parce que la dernière roue passe, avec tout le reste des rouages, par une série de repos et de mouvements alternatifs, se divisent eux-mêmes en deux classes bien distinctes. Dans les uns, la roue d'échappement reste toujours en contact avec le balancier ou avec un annexe de ce dernier, alors même que cette roue étant en repos, le balancier continue à osciller, ce qui donne lieu à un frottement préjudiciable; les échappements de cette section sont dits *dépendants* : tels sont l'échappement à *cylindre* généralement employé dans les montres plates dites à cylindre, et l'échappement à *ancre* usité pour les horloges et pendules. Dans les échappements de la seconde section, dits *libres* ou indépendants et qui sont bien préférables, le balancier est entièrement indépendant de la roue d'échappement et oscille librement, sans autre frottement que celui de ses pivots; tels sont les échappements employés dans les chronomètres et les montres marines.

Nous renverrons, pour la description des divers échappements, à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, où il en sera traité avec détail.

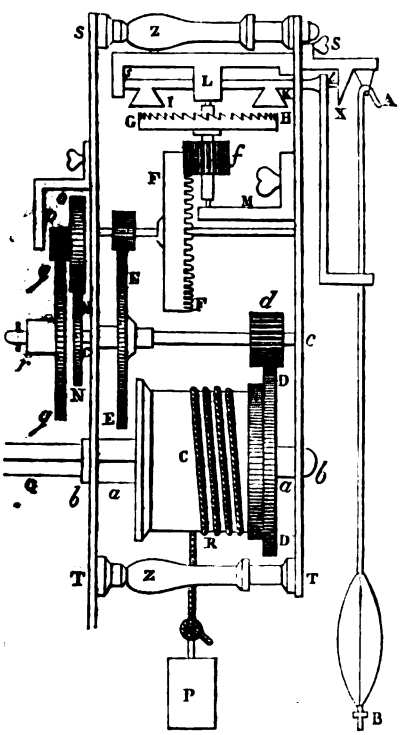
Nous compléterons les principes généraux d'horlogerie que nous venons de faire connaître, en donnant la description d'une horloge à poids ordinaire, et d'une montre commune, toutes deux avec un échappement à roue de rencontre.

Description d'une horloge commune à poids et roue de rencontre. Fig. 1133, horloge vue de profil; P, poids suspendu à une corde s'enroulant autour du cylindre C, fixé sur l'axe *a a*; *b*, *b*, pivots s'introduisant dans des trous pratiqués dans les plaques T S, T S, et dans lesquels ils tournent librement. Ces plaques sont de cuivre

Digitized by Google

ou de fer, et se rattachent l'une à l'autre par quatre piliers Z, Z. L'ensemble de ces pièces s'appelle le *mouvement*.

Le poids P, s'il n'est point arrêté, fera nécessairement tourner le cylindre C d'un mouvement uniformément accéléré, de la même manière que si le poids tombait librement d'une hauteur quelconque. Mais le cylindre est garni d'un rochet dont les dents sont arrêtées par un cliquet fixé au moyen d'une vis à la roue D D; le poids agissant sur la roue D D, ses dents entraînent celles de la petite roue *d*, qui tourne sur le pivot *c c*. L'ensemble de deux roues constitue un engrenage dont la perfection résulte de la forme des dents et de leur égalité parfaite entre elles. Il faut que le pignon soit dans un rapport exactement déterminé avec la roue dont il reçoit l'action, et qu'il soit à une certaine distance de cette roue.



1133.

La roue E E est fixée sur l'axe du pignon *d*, et le mouvement, communiqué à la roue D D, par le poids, est transmis au pignon *d*, et conséquemment à la roue E E, ainsi qu'au pignon *e* et à la roue F F, qui fait mouvoir le pignon *f*, sur l'axe duquel est fixée la roue *de rencontre* G H. Les pivots du pignon *f* jouent dans les trous des plaques L, M, fixées horizontalement aux plaques T, S. Enfin le mouvement imprimé par le poids se transmet de la roue G H aux *palettes* I, K, et, au moyen de la *fourchette* U X, rivée sur les palettes, au pendule A B, qui est suspendu au crochet A. Le pendule A B décrit autour du point A un arc de cercle, en allant et venant alternativement. Si le pendule est une fois mis en mouvement par une simple impulsion de la main, le poids, qui est en B, le fera revenir sur lui-même et dépasser la verticale, et il continuera d'aller et venir alternativement, jusqu'à ce que la résistance que l'air oppose au pendule, et le frottement qui s'opère au point de suspension A, détruisent la force primitive. Mais si, à chaque oscillation du pendule, les dents de la roue de rencontre G H agissent sur les palettes I, K, et que, après qu'une dent H a communiqué le mouvement à la palette K, cette dent s'échappe, la dent opposée G agissant pareillement sur la palette I, et s'échappant de la même manière, le pendule, au lieu de s'arrêter, continuera son mouvement.

La roue E E achève sa révolution en une heure. Le pivot *c* de cette roue passe par les plaques, et se prolonge en *r* : sur le pivot est une roue N N, ayant une longue tige fixée dans le centre. A l'extrémité de cette tige *r*, se rattache l'aiguille des minutes. La roue N N agit sur la roue o, dont le pignon *p* agit sur la roue *g g*, fixée sur un pivot qui tourne avec la roue R. La roue *g g* achève sa révolution en 12 heures; c'est sur son pivot qu'est fixée l'aiguille des heures.

De la description précédente, il résulte évidemment, 1° que le poids P fait tourner toutes les roues, et maintient en même temps le mouvement du pendule; 2° que la vitesse du mouvement des roues dépend de celui du pendule; 3° que les roues indiquent les portions de temps, divisé par le mouvement uniforme du pendule. En un mot, le poids produit le mouvement, et le pendule le règle.

Quand la corde à laquelle est suspendu le poids est entièrement déroulée, on la roule de nouveau sur le cylindre, au moyen d'une clef qui va à l'extrémité carrée de l'arbre en Q, et qu'on tourne dans un sens opposé à celui selon lequel le poids descend. Alors, le côté incliné des dents de la roue d'encliquetage soulève le *cliquet*, de sorte que le rochet tourne pendant que la roue D est en repos. Dès que la corde est roulée, le *cliquet* retombe dans les dents, et oblige la roue D à tourner de nouveau avec le cylindre. Un ressort convenable maintient le *cliquet* dans les dents du *rochet*.

Nous allons maintenant expliquer comment le temps se mesure par le pendule, et comment la roue E, sur l'axe de laquelle est fixée l'aiguille des minutes, ne fait exactement qu'une révolution par heure. Les oscillations du pendule s'opèrent en un temps plus ou moins long, selon sa longueur. Un pendule de 19 millimètres de longueur fait 3,600 oscillations par heure, c'est-à-dire que chaque oscillation s'opère en une seconde; ce qui fait qu'on l'appelle le *pendule à secondes*. Mais un pendule de 249 millimètres oscille 7,200 fois par heure, ou deux fois par seconde; ce qui lui a fait donner le nom de *pendule à demi-secondes*. De là vient que, dans la construction d'une roue dont la révolution doit s'opérer dans un temps donné, on doit prendre en considération le temps des oscillations du pendule qui en règle le mouvement. Supposons donc que le nombre des vibrations du pendule AB soit de 7,200 par heure, et voyons comment la roue E mettra une heure à achever sa révolution. Cela dépend entièrement du nombre de dents que comportent les roues et les pignons. Si la roue de rencontre se compose de trente dents, elle fera un tour dans le même temps que le pendule fait 60 oscillations; car, à chaque tour de la roue, la même dent a agi une fois sur la palette I, et une fois sur la palette K, ce qui produit deux oscillations différentes dans le pendule. Conséquemment il faut que cette roue fasse 120 révolutions par heure, parce que 60 oscillations, qu'elle produit à chaque révolution, sont contenues 120 fois dans 7,200, nombre d'oscillations que fait le pendule en une heure.

Pour déterminer le nombre de dents que doivent avoir les roues E, F, et les pignons *e*, *f*, il faut remarquer qu'une révolution de la roue E doit faire tourner le pignon *e* autant de fois que le nombre des dents de ce pignon est contenu dans le nombre des dents de la roue. Ainsi, si la roue E comporte 72 dents, et le

Digitized by Google

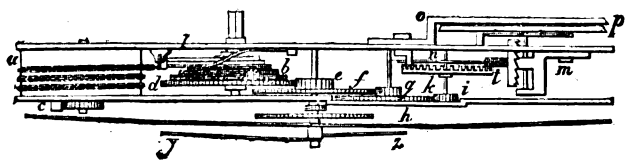
pignon 6, le pignon fera douze révolutions pendant que la roue en fait une; car chaque dent de la roue pousse une dent du pignon; et quand les 6 dents du pignon sont poussées, il s'est opéré une révolution complète. Mais la roue E n'a, pendant ce même temps, avancé que de 6 dents; il lui en reste donc 66 à avancer, ou onze révolutions à faire faire au pignon. Par la même raison, la roue F ayant 60 dents, et le pignon *i* 6, celui-ci fera dix révolutions pendant le temps que la roue mettra à en faire une. Or la roue F, mue par le pignon *e*, fait douze révolutions pendant que la roue E en fait une, et le pignon *f* dix contre une de la roue F; conséquemment le pignon *f* fait 10 fois 12 ou 120 révolutions pendant que la roue E en fait une. Mais la roue G, mue par le pignon *f*, produit 60 oscillations dans le pendule à chaque tour qu'elle fait; conséquemment elle produit 60 fois 120 ou 7,200 oscillations, pendant que la roue achève une révolution. Mais 7,200 est le nombre des oscillations que produit par heure le pendule, par conséquent la roue E ne fait qu'une révolution par heure, et ainsi de suite.

Il suffit de combiner le nombre des dents des roues et des pignons avec la longueur du pendule et de la corde qui tient le poids suspendu, en remarquant toutefois que si, la durée du temps augmentant, le poids reste le même, la force qu'il communique à la dernière roue GH s'en trouve diminuée.

Il ne nous reste plus maintenant qu'à parler du nombre des dents des roues qui font tourner les aiguilles des heures et des minutes. La roue E achève une révolution par heure. La roue NN, mue par l'axe de la roue E, doit également ne faire qu'une révolution dans le même temps; et l'aiguille des minutes est fixée sur le pivot de cette roue. La roue N a 30 dents, et agit sur la roue O, qui a le même diamètre et également 30 dents; conséquemment la roue O met une heure à faire une révolution. Or, la roue O emporte le pignon *p*, qui a 6 dents, et agit sur la roue *gg* de 72 dents; conséquemment le pignon *p* fait douze révolutions pendant que la roue *gg* en fait une; d'où il résulte que la roue *gg* met 12 heures à faire la sienne. C'est sur le pivot de cette roue qu'est l'aiguille des heures. Ce que nous venons de dire à l'égard des révolutions s'applique aussi bien aux montres qu'aux horloges.

La partie du mouvement appelée *sonnerie* consiste en un marteau soulevé par des chevilles, et qui frappe, sur une cloche ou un timbre, le nombre de fois indiqué par l'heure que marquent les aiguilles.

Montre commune avec fusée et roue de rencontre. La figure 1134, qui est une élévation latérale de la montre et de son contenu, nous fait voir la disposition relative



1134.

de toutes les parties. Le grand ressort, qui fait aller toutes les roues et les pignons, est renfermé dans le barillet *a*. Au moyen d'un outil fait exprès, on fait entrer de force ce ressort dans le barillet, et alors on en attache le bout extérieur à une cheville dans le bord circulaire de la boîte, en sorte que, si la boîte tourne pendant que le pivot est fixe et immobile, le ressort commence à se replier sur lui-même au centre; on dit alors qu'on monte la montre. L'effet serait le même, si c'était la boîte qui fût fixe et le pivot seulement qui tournât; mais, dans ce cas-là, la chaîne qui se déroule de dessus le barillet resterait immobile, il faut donc que la boîte tourne pendant que l'arbre est en repos, ce qui a lieu comme nous allons l'expliquer: il y a un bout de la chaîne attaché sur le côté du barillet, et l'autre à la fusée *b*, après avoir tourné plusieurs fois autour du barillet. Comme le bout carré du pivot du barillet est retenu par un petit rochet et un cliquet, de manière à l'empêcher de tourner, il est clair qu'en introduisant une clef sur le carré de l'arbre de la fusée, et en la tournant dans le sens convenable, la chaîne se roulera sur la rainure spirale de la fusée, en même temps qu'elle se déroulera de dessus le barillet; et pendant que cette opération s'exécutera, le ressort se roulera sur lui-même au centre du barillet, c'est-à-dire qu'il sera dans sa plus grande tension pour ramener la fusée. Le mouvement rapide que le ressort tendu dans toute sa force communiquerait à la fusée, en sens rétrograde, est empêché par le train du rouage et de la roue de rencontre. Ainsi, par exemple, la grande roue *d* ne tient pas au gros bout de la fusée, comme le dessin semble l'indiquer; mais elle porte un cliquet et un ressort de cliquet, tandis que la roue à rochet ci-dessus est attachée à la fusée; il s'ensuit que, pendant qu'une clef appliquée à l'arbre de fusée monte la montre, et roule la chaîne dans les rainures de la fusée, jusqu'à ce qu'elle arrive au petit bout de cette fusée, le cliquet glisse par dessus les dents du rochet sans faire effort dessus, et laisse ainsi la grande roue *d*, qui est en repos, en communication avec le pignon *e* placé sur l'arbre de la roue des minutes; quand le ressort agit sur la fusée en sens contraire, les dents du rochet, buttant contre le cliquet attaché à la roue, rendent cette roue solidaire de la fusée, jusqu'à ce que le grand ressort ait besoin d'être remonté, ce qui arrive ordinairement une fois toutes les 28 ou 30 heures; on le monte communément une fois par 24 heures.

L'action de la grande roue *d* sur le pignon *e* est celle d'un long levier sur un court, c'est-à-dire que cette roue a un grand désavantage; car ce que le pignon gagne en vitesse, il le perd en puissance. Sur l'arbre central de ce pignon *e* est fixée la roue du centre *f*, qui fait sa révolution dans une heure de temps, comme on peut le voir; cette même roue fait tourner le pignon *g* sur l'arbre de la troisième roue *h*, mais avec désavantage; car la force qu'elle communique au pignon *i*, sur l'arbre de la roue de rencontre, diminue encore dans le rapport du diamètre de la roue à celui de son pignon. Ainsi la force du grand ressort va toujours diminuant; et quand la roue de rencontre se met en mouvement, elle a précisément la force nécessaire pour faire marcher le pignon horizontal placé au-dessus d'elle, en sorte que l'impulsion alternative donnée par ses dents aux palettes de la verge du balancier suffit pour perpétuer l'oscillation de droite à gauche, malgré la résistance du frottement et celle de l'air. C'est une chose fort curieuse que l'échappement à recul dit à roue de rencontre ou à *verge*, quoique le plus ancien que nous connaissions, soit encore celui qui est en usage dans les montres communes, ce qui probablement est dû à la facilité avec laquelle on le construit; car il est certainement bien plus exposé à l'influence des irrégularités de la force du grand ressort que tout autre échappement.

Pour que la force qui agit à chaque oscillation sur les palettes de la verge ne varie pas sensiblement, on a jugé à propos d'égaliser, autant que possible, les forces

Digitized by Google

variables du grand ressort dans les différents degrés de tension, et le meilleur moyen d'y parvenir a été de convertir le cylindre placé sur l'arbre de la grande roue en une figure de forme parabolique, c'est-à-dire en un solide engendré par la révolution d'une parabole; de cette façon, la force du ressort augmentant avec sa tension, son action sur la grande roue diminue dans la même proportion, en raison de la diminution progressive du rayon de la fusée autour de laquelle se roule la chaîne, pour communiquer la force ainsi modifiée. Chaque ressort séparé a donc non seulement sa force isolée proportionnée à l'effet qu'il est destiné à produire; mais il faut que son échelle de variation de force soit exactement contrebalancée dans tous les degrés de tension par la forme de la fusée; ce que l'on fait à l'aide d'un outil qu'on appelle outil à ajuster la fusée, et qui n'est autre qu'un levier avec un poids attaché au bout carré de la fusée. En effet, lorsque le poids sur le levier fait parfaitement équilibre à la force du grand ressort dans tous les points des révolutions successives de la fusée, puisqu'au lieu de clef c'est un levier qui monte le ressort, la forme de la fusée est convenable; c'est pour cela que, toutes les fois qu'on met un grand ressort neuf à une montre, on doit ajuster la fusée dans la machine à fusée, lorsque l'outil à ajuster le permet.

Les forces comparatives du ressort aux extrémités de la fusée peuvent être ajustées ou réglées par le petit rochet *c*, placé derrière la grande platine; mais quand le ressort a le degré de tension nécessaire pour agir également aux deux extrémités de la fusée, il ne faut pas qu'elle soit altérée par le cliquet des rochets; il faut alors égaliser les forces intermédiaires en donnant à la fusée une forme convenable. Nous ne nous sommes arrêtés si longtemps sur cette partie du mécanisme que parce qu'étant le premier moteur, elle est la base de tous les autres mouvements. Le nombre de tours que doit avoir la spirale de la fusée parabolique dépend de la longueur du mécanisme, ou, ce qui est la même chose, de l'épaisseur de la montre.

Dans une montre de 36 heures, avec une fusée de 6 tours, la grande roue doit avoir cinq fois autant de dents que le pignon du centre; de sorte que si ce pignon en a 6, la roue doit en avoir $5 \times 6 = 30$; s'il en a 8, elle doit avoir $5 \times 8 = 40$ dents; si la spirale a 7 tours, la grande roue 48 et le pignon 12, alors le temps pendant lequel elle ira sera $4 \times 7 = 28$ heures; comme aussi, s'il y a 5 tours sur la fusée, 50 dents à la roue et 10 au pignon, la montre ira 27 heures; mais si on voulait ne la faire aller que pendant 24 heures, avec 6 tours et un pignon de 12 dents, il faudrait que la grande roue en eût 48.

Ainsi, quand on fait un changement, soit dans le pignon, soit dans la roue, ou bien dans les tours de la fusée, on doit faire dans les autres pièces une modification correspondante pour faire aller la montre pendant le même temps; mais toujours faut-il que la roue du centre tourne une fois par heure. Dans les montres communes, ces pignons n'ont que 6 dents chacun, et ne vont pas aussi bien que les pignons qui ont un plus grand nombre de dents. Dans les bonnes montres et dans tous les chronomètres, les dents des roues et des pignons sont plus nombreuses. Dans les montres soignées, les pivots, surtout ceux de la verge et de l'arbre d'échappement, tournent sur des diamants, rubis, ou autres pierres dures, afin de diminuer le frottement.

Les potences *m* et *n*, qui tiennent les pivots de la roue de rencontre, sont vissées à la platine de dessus; mais on ne voit point les ressorts, les boutons et les charnières de la boîte, parce qu'ils ne font pas partie du mouvement.

Enfin, une roue à clef engrenant avec un râteau à rochet portant un appendice qui embrasse l'extrémité extérieure du ressort du balancier, permet, selon que l'on fait tourner la clef en avant ou en arrière, vers les lettres initiales R et A, des mots *retard* ou *avance*, tracées sur un petit cadran sur lequel se meut une aiguille montée sur l'axe de la clef, de diminuer ou d'augmenter la longueur effective du ressort-spiral, et, par suite, de modifier la vitesse de la montre jusqu'à ce que l'on arrive par tâtonnement à donner au ressort la longueur exacte qui convient à la température. Ce mécanisme, généralement employé dans les montres communes, est tout à fait inutile pour les montres marines et les chronomètres, où l'on fait usage de balanciers compensateurs.

La partie de la montre qui fera l'objet de notre dernière explication est le cadran servant à indiquer les heures et les minutes; ceci sera facile à comprendre en jetant les yeux sur la fig. 1135. Lorsque le pignon dit *chaussée*, qui est près de l'aiguille des minutes, est fixé à l'arbre de la roue du centre, il tourne avec elle dans une heure, et reçoit l'aiguille des minutes sur le bout carré sortant; ce pignon fait tourner la roue *x*, et avec elle un pignon *w* fixé à son centre, lequel pignon fait aussi tourner en 12 heures une seconde roue *r* montée sur un axe creux extérieur à celui qui porte l'aiguille des minutes; c'est sur cet axe que tient l'aiguille des heures. Cette diminution de douze révolutions, depuis la chaussée jusqu'à la roue des heures, pourrait s'effectuer par un pignon qui mettrait en mouvement une seule roue qui aurait douze fois son nombre de dents; mais, comme le mouvement doit être ramené au centre du cadran, il faut y intercaler deux roues de plus, ou une roue et un pignon : c'est donc, entre la roue et le pignon, le rapport de douze à un qu'on peut obtenir aisément sans se servir d'une grande roue et d'un petit pignon. Ainsi, supposons que le pignon dit chaussée ait 15 dents, la roue *x* peut en avoir $4 \times 15 = 60$, et si la roue *r* est de même dimension, son pignon en aura les 4/12e ou 20; de sorte que lorsque les pignons sont fixés pour le cadran, on a bientôt déterminé les roues, et *vice versâ*.

Historique. Les montres ordinaires sont fort grossièrement exécutées en fabrique, toutes sur les mêmes calibres, dans le Jura français et suisse; elles sont livrées à la douzaine *en blanc*, c'est-à-dire complètes quant à leurs parties, mais non finies, et à très bas prix. Il reste ensuite aux horlogers à les *repasser*, c'est-à-dire à renouveler le ressort et le spiral, à essayer et à refaire les trous où doivent jouer les pivots, et à retoucher la courbure des dents. Les cadrans et les boîtes se font également en manufacture. L'établissement le plus considérable dans le Jura français est celui de la famille Japy, près de Montbéliard.

L'horlogerie qui appartient vraiment à la France, et dont elle a le monopole presque exclusif, c'est celle des montres marines et des chronomètres de précision. Le prix des bons chronomètres dépasse encore souvent 3000 fr.; mais la marine royale en possède aujourd'hui plusieurs nouveaux d'un prix beaucoup moindre. Il s'en trouve un entre autres à Brest, du prix de 1200 fr., sorti de la maison Bréguet, et qui marche admirablement. A côté des Bréguet, il faut citer aujourd'hui, dans cette branche d'industrie, Motel, les Berthoud, Duchemin, Ingold, Jacob, etc.

Parmi les fabricants de montres fines nous citerons également L'Épine, Bréguet, Leroy et Berthoud.

Parmi les fabricants de pendules, Bréguet, Berthoud et Lepaute.

Enfin, pour les horloges publiques, M. Henri Wagner, qui est parvenu à fabriquer au prix de 500 fr. des horloges à double sonnerie, aussi exactes que celles qu'on payait 15,000 et 20,000 fr. au commencement de ce siècle.

Digitized by Google

Les mouvements de lampes mécaniques se font à très bas prix en fabrique, dans le Jura français, comme ceux des montres communes.

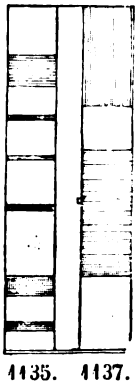
HOUBLON. Voyez BIÈRE.

HOUILLE; CHARBON DE TERRE (*angl.* pitcoal, *all.* steinkohle). Nous avons déjà parlé de la nature et de l'emploi des combustibles minéraux, aux articles CARBONISATION et COMBUSTIBLES, de sorte qu'il ne nous reste plus qu'à indiquer les circonstances principales de leur gisement dans le sein de la terre, ainsi que les méthodes d'exploitation qui leur sont propres, en renvoyant du reste, pour compléter cet article, au mot MINES.



1136.

L'anthracite, la houille et le lignite se trouvent toujours en couches intercalées dans les différents étages des terrains de sédiment, et jamais en filons comme la plupart des substances métallifères, de sorte que ce que nous dirons ici de la houille pourra s'appliquer, à de faibles modifications près, aux autres combustibles minéraux, à l'exception de la TOURBE qui est plutôt un combustible végétal, et dont nous décrirons l'extraction dans un article particulier.



1135. 1137.

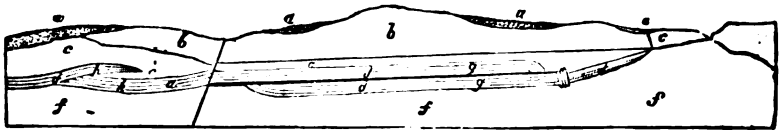
La houille proprement dite appartient à un terrain particulier nommé pour cette raison *terrain houiller*, qui repose généralement à stratification discordante, sur les terrains de transition ou même sur les terrains primitifs, et qui est principalement composé de couches alternantes de houille, de grès, de schistes et quelquefois de minerais de fer.

Les couches de houille sont rarement isolées; un même terrain en renferme ordinairement un certain nombre, qui sont parallèles et séparées par des couches de grès ou de schistes. La fig. 1135 est une coupe verticale du bassin houiller de Dudley (Angleterre), dont la seule couche supérieure a 10m d'épaisseur, et a été reconnue sur une longueur de 6 kilom. et une largeur de 3. La fig. 1136 donne une coupe verticale du bassin houiller du Clackmannshire (Écosse) qui, sur une profondeur de 225m, ne présente pas moins de 142 couches alternantes et parallèles, parmi lesquelles on compte 24 couches de houille, dont la puissance totale est de 18m, la plus faible présentant une épaisseur de 0m,05, et la plus puissante une épaisseur de 3m. Enfin la fig. 1137 représente la coupe du terrain houiller de Johnstone, dans le Renfrewshire, qui renferme de 5 à 10 couches séparées seulement les unes des autres, par de faibles lits d'argile durcie, et dont la puissance totale est d'environ 32m. Dans quelques points ces couches semblent avoir glissé les unes sur les autres comme l'indique le profil de la mine de Quarrelton dans ce district (fig. 1138) : *a*, alluvions; *b*, couche de trapp; *c*, couches alternantes de grès et de schistes; *d*, couches de houille; *e*, trapp dans une position mal déterminée; *f*, couches du terrain houiller, entre lesquelles on n'a pas trouvé de couches de houille intercalées; *g*, couches de houille qui se pénètrent; *h*, couches de houille qui se recouvrent.

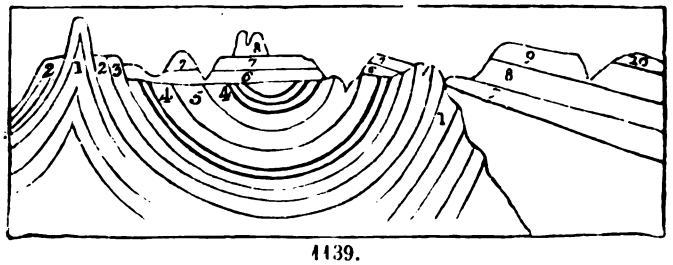
Si l'on ne considère une couche de houille que sur une petite étendue, elle paraîtra comprise entre deux plans parallèles; mais en l'étudiant sur une grande portion de terrain, on ne tardera pas à reconnaître que les surfaces, qui nous avaient d'abord paru parfaitement planes, sont courbées et repliées dans tous les sens. Les bancs de grès, de poudingues ou de schistes, dans lesquels la houille se trouve intercalée, présentent les mêmes inflexions. Les couches de houille paraissant le plus communément moulées sur une dépression, on a donné aux dépôts carbonifères le nom de *bassins houillers*.

La fig. 1139, qui est une coupe du bassin houiller au nord de Malmsbury, montre cette disposition en forme de bassin : 1, vieux grès rouge; 2, calcaire carbonifère; 3, assises de grès dit midstone grit; 4, 4, couches de houille; 5, couches de grès et schistes houillers; 6, nouveau grès rouge; 7, lias; 8, oolithe inférieure; 9, grande oolithe; 10, calcaire grossier et très coquiller, dit cornbrash et forest marble.

La fig. 1140, qui représente le bassin houiller de Blairengone dans le comté de Perth, est également un exemple remarquable de cette disposition en bassin : la ligne sinueuse est la rivière Devon; A B C D, l'affleurement de la couche inférieure de charbon; l'ellipse intérieure, l'affleurement de la couche supérieure; ces deux couches plongent dans le sens indiqué par les

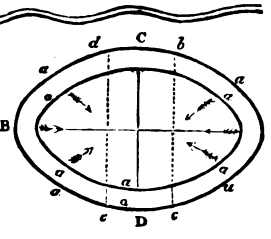


1138.



1139.

1140.


d
C
b
a
a
a

flèches ; la fig. 1141 est une coupe du bassin suivant A B ; et la fig. 1142, une coupe suivant C D.

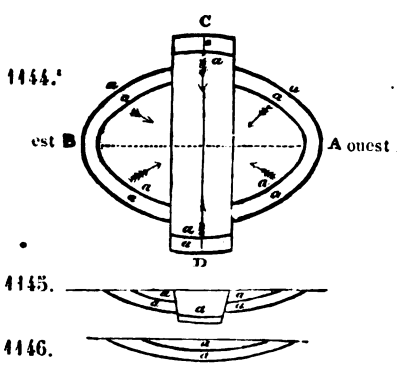
Quelquefois cependant, les couches de houille, au lieu de former un bassin, ont été postérieurement soulevées en forme de selle, comme le montre le profil ci-joint (fig. 1143) du terrain houiller du Staffordshire près de Castlehill.



1143.

Outre le contournement si fréquent des couches, le terrain houiller présente souvent des fentes qui portent le nom de *failles*, lorsqu'elles ont une épaisseur à peine appréciable, et de *dykes*, dans le cas contraire : elles sont alors remplies, soit d'une roche ignée que l'on peut supposer avoir été injectée à l'état liquide ou pâteux de bas en haut, soit de débris des terrains avoisinants. Ces fentes rejettent les couches de terrain, de sorte qu'en les traversant on retrouve, de l'autre côté, des couches supérieures ou inférieures à celles que l'on vient de quitter ; si le rejet est faible et ne dépasse pas l'épaisseur de la couche, on lui donne le nom de *ressaut;* dans tous les cas, l'expérience a démontré qu'il a généralement lieu de telle sorte, que le *toit* de la faille ou du dyke a glissé sur le *mur*, ce qui conduit à rechercher la couche rejetée, dans l'angle obtus formé par la direction de la couche et celle du plan de la faille.

Ainsi, si l'on suppose dans le bassin houiller de Blairengone (fig. 1140 à 1142) deux failles convergentes dont les affleurements soient dirigés suivant les lignes ponctuées *b c*, *d e*, les couches auront été rejetées de haut en bas, dans l'intervalle de ces deux failles, comme l'indiquent les fig. 1144 à 1146.

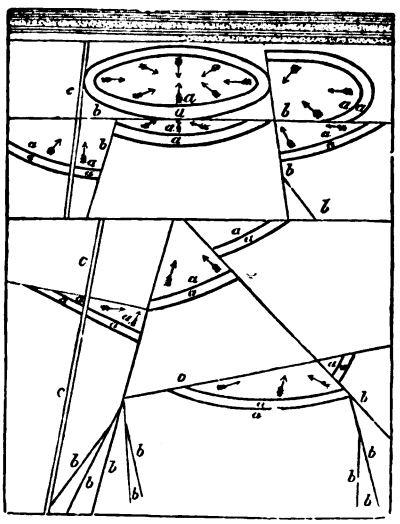


1144.

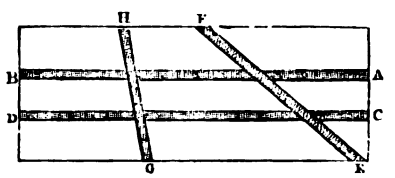
1145.

1146.

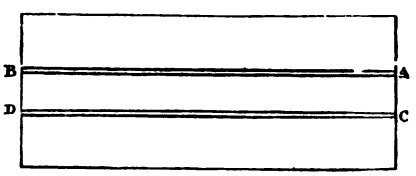
La fig. 1147 représente le plan d'un bassin houiller renfermant deux couches de houille *a*, *a*, qui sont rejetées dans diverses positions par un grand nombre de failles *b*, *b;* des dykes *c*, *c*, coupent aussi ces couches, mais sans les rejeter, ce qui arrive quelquefois aux dykes, surtout lorsqu'ils sont perpendiculaires au plan des couches, comme l'indiquent les fig. 1148 et 1149, mais jamais aux failles.



1147.

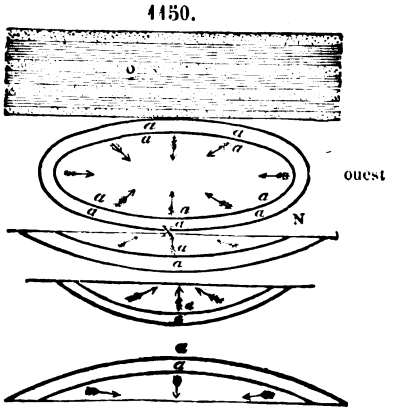


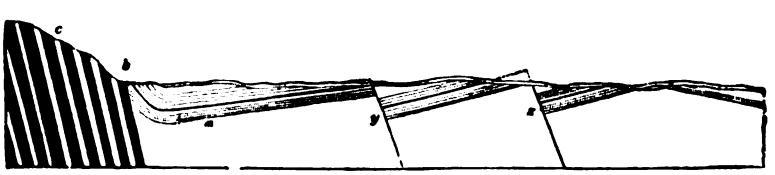
1148.



1149.

1150.



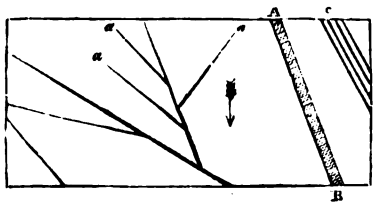


1151.

Les fig. 1150 et 1151 donnent le plan et la coupe du bassin houiller du Clackmannshire qui est elliptique et séparé en trois portions par deux grandes failles *x*, *y* ; les couches qui le composent se relèvent en *b*, pour

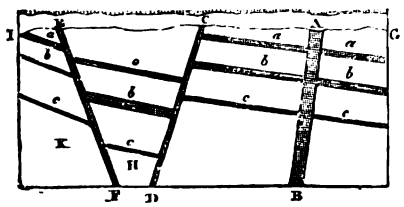
Digitized by Google

s'appuyer contre le terrain de transition qui constitue la chaîne des montagnes Ochill. A l'extrémité du bassin, les couches sont relevées par une proéminence du terrain inférieur, et se repliant sur cette proéminence sous forme de *selle*, prennent une inclinaison en sens inverse de celle qu'elles avaient, comme l'indiquent les flèches.



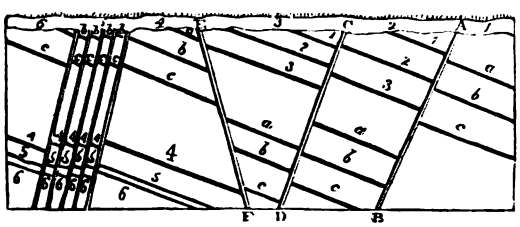
1152.

La fig. 1152 donne le plan d'un bassin houiller coupé par un dyke AB, des ressauts *c*, et divers systèmes de failles *a*, *a*.



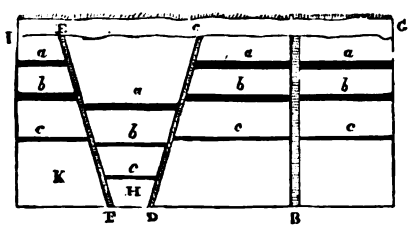
1153.

La fig. 1153 est un profil normal à la direction d'un terrain houiller qui renferme trois couches *a*, *b*, *c*, et qui est coupé par deux failles CD, EF, qui rejettent les couches, et par un dyke AB, normal à leur plan, qui les traverse sans les dévier.



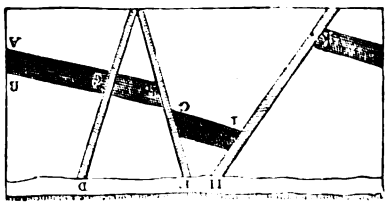
1154.

La figure 1154 est un autre exemple du rejet des couches par des failles AB, CD, EF, et des ressauts d'inclinaisons variables, qui divisent le terrain en six régions, dont chacune présente des couches de houille que l'on retrouve à une profondeur différente dans les autres régions, ou même qui n'y existent pas.



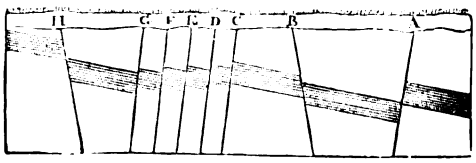
1155.

La figure 1155 est un exemple du rejet de couches horizontales *a*, *b*, *c*, par des failles CD, EF, suivant la loi que nous avons indiquée; ces couches sont, en outre, traversées par un dyke vertical B, qui ne les rejette pas.



1156.

La figure 1156 indique deux ressauts et un rejet produits, dans le filon ABCEGIK, par trois failles CD, EF, HK.



1157.

Enfin, la figure 1157 nous représente une série de ressauts produits dans une couche de houille par plusieurs failles qui la coupent sous des angles voisins de 90°.

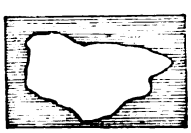
Nous avons déjà dit que les dykes étaient remplis, soit de roches ignées, soit de sables et de débris de terrains sédimentaires. Les dykes de sables sont fort dangereux par les amas d'eau qu'ils renferment; ils sont fréquemment la cause d'inondations, qui exigent des moyens d'épuisement très puissants. On trouve souvent aussi à l'approche des failles de grands amas d'eau ou de gaz inflammables.

Lorsque les dykes sont composés de sable coulant, d'argile ou de débris du terrain houiller, il est rare que la houille qui les avoisine soit notablement altérée; les dykes remplis de roches ignées, au contraire, produisent dans la nature des houilles des altérations plus sensibles. Dans ce dernier cas, et jusqu'à une distance variable du dyke, le charbon perd son éclat, devient noir mat, et enfin se change, près du dyke, en un véritable coke, très fortement calciné, qui ne peut s'enflammer, et qui a la plus grande analogie avec le coke et le charbon que l'on retire par le creuset des hauts-fourneaux; il passe quelquefois à l'anthracite.

Outre les accidents que nous venons de signaler, il en est de plus locaux, qui portent le nom de *brouillages*. Outre les brouillages qui altèrent la qualité de la houille, soit dans sa nature même, soit par un mélange intime et en forte proportion de matières terreuses, pierreuses ou pyriteuses, nous citerons les suivants :

Pierres en bancs irréguliers. De simples fissures parallèles à la stratification, et d'abord à peine perceptibles, croissent peu à peu, de manière à atteindre quelquefois plusieurs mètres; et alors les portions de couches séparées par les bancs de pierres, ou sont abandonnées comme étant sans valeur, ou sont exploitées isolément.

1158



1159



Contact du toit et du mur. Cet accident, heureuse-

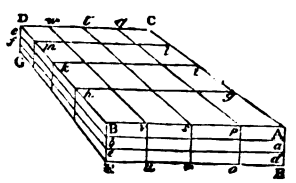
Digitized by Google

ment fort rare, consiste en un rapprochement graduel du toit et du mur, comme l'indiquent le profil, figure 1158, et le plan, figure 1159, de telle façon que la couche de houille finit par disparaître entièrement sur une certaine longueur.

Enfin, nous dirons un mot des *culs de lampe*, masses pierreuses ou argileuses, placées au toit, dont les faces sont généralement très unies et sillonnées dans le sens vertical, de sorte qu'elles n'ont qu'une très faible adhérence avec le toit, dont elles se détachent avec la plus grande facilité et souvent spontanément, lors de l'exploitation, en ne donnant que trop fréquemment lieu, par leur chute, à de graves accidents, lorsque leur volume est un peu considérable. Le mineur s'aperçoit ordinairement de l'approche des culs de lampe par la dureté et la compacité qu'acquiert le charbon, et qui se maintiennent jusqu'à ce qu'on ait dépassé la partie altérée du toit.

Les couches de houille sont sillonnées par un grand nombre de systèmes de fissures, dont la disposition et la nature ont une grande influence sur la facilité de l'exploitation et la proportion de charbon gros et menu que l'on en retire. Les principales fissures sont celles parallèles au toit et au mur, et celles qui, leur étant perpendiculaires, sont parallèles, soit à la direction, soit à l'inclinaison de la couche.

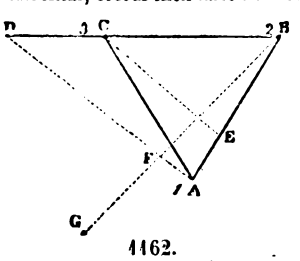
Soit, par exemple, ABCDEFG (figure 1160), une partie d'une couche de houille; ABCD, le toit, et EFG, le mur. *abc*, *def*, seront des fissures de stratification; *ml*, *ki*, *hg*, des fissures de direction; et *opq*, *rst*, *uvw*, des fissures ou joints d'inclinaison.



1160.

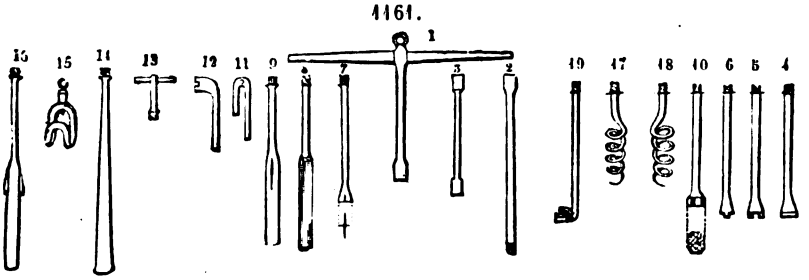
Exploration du terrain houiller. Lorsqu'on se trouve dans un pays où il n'existe pas encore de mines de houille, il faut d'abord, en étudiant la constitution géologique de ce pays, chercher à y reconnaître la présence du terrain houiller, s'il est à nu, et l'épaisseur des *terrains morts* qui le recouvrent, s'il plonge sous une formation plus récente. Lorsqu'on a ainsi constaté son existence, il est nécessaire de s'assurer qu'il renferme des couches de houille exploitables, reconnaître leur direction, leur nombre, leur puissance, et la profondeur des puits qu'il faut foncer pour les atteindre. C'est ce qu'on fait au moyen de plusieurs trous de sonde, que l'on fait faire ordinairement à l'entreprise par des ouvriers particuliers payés à prix fait par mètre courant, et tenant un journal de la nature des diverses couches que l'on traverse, et de la profondeur à laquelle on les rencontre. Les outils dont ils se servent, et dont nous décrirons la manœuvre à l'article SONDAGE, sont les suivants (fig. 1161) : 1, tête de sonde à main; 2, tige de sonde ordinaire; 3, tige de rallonge; 4, trépan ou ciseau ordinaire; 5 et 6, autres trépans; 7, trépan en croix; 8, tarière ordinaire; 9, tarière à glaise: 10, alésoir; 11, tourne à gauche pour soutenir les tiges à l'orifice du trou, lorsqu'on remonte la sonde; 12, clef pour assembler et désassembler les tiges; 13, tête de sonde ordinaire, qui se fixe au pied de bœuf 15; 14, cloche à écrou servant à retirer les tiges cassées; 17 et 18 caracoles; 19, clef de relevée.

Lorsqu'on ne connaît pas la direction générale des couches du terrain houiller, on pratique trois trous de sonde formant un triangle que l'on continue jusqu'à ce que chacun d'eux ait rencontré une même couche de ce terrain; connaissant les profondeurs auxquelles cette rencontre a lieu pour chacun de ces trous et la position respective de ceux-ci par un levé de plan et un nivellement à la surface, on peut aisément déterminer la *direction* générale des couches, c'est-à-dire la direction de l'intersection de leur plan avec un plan horizontal, et leur inclinaison sur ce même plan. Soient, par exemple, A, B, C (fig. 1162), trois trous de sonde dont les orifices sont situés au même niveau et forment un triangle équilatéral, dont le côté soit égal à *d*; soient *a*, *b*, *c*, les profondeurs auxquelles ces trous atteignent une même couche de houille; *a* étant plus grand que *c*, et *c* plus grand que *b*; la différence de niveau de la couche de B en A est de *a*—*b* et de B en C, *c*—*b*, de sorte que si l'on fonce un trou de sonde au point E, tel que l'on ait B E : *d* :: *c*—*b* : *a*—*b*, ce trou rencontrera la couche à la profondeur *c*. De même, le trou de sonde foncé en D, sur B C, et tel que B D : *d* :: *a*—*b* : *c*—*b*, rencontrera la couche à la profondeur *a*. Les lignes A D, C E, ainsi déterminées seront parallèles entre elles et à la direction de la couche, et leur perpendiculaire B F G, sera parallèle à l'inclinaison de la couche. Maintenant, comme dans le triangle A B D on connaît deux côtés A B, B D, et l'angle compris, on pourra calculer l'angle B A D, et par suite B E qui est égal à *d* sin. B A D; F étant sur la ligne de direction A D, un trou percé en ce point rencontrera la couche à une profondeur = *a*, et le sinus de l'inclinaison de la couche sur l'horizon sera égal au quotient de *a*—*b* par B E. Tous les éléments de la couche seront donc ainsi déterminés.



1162.

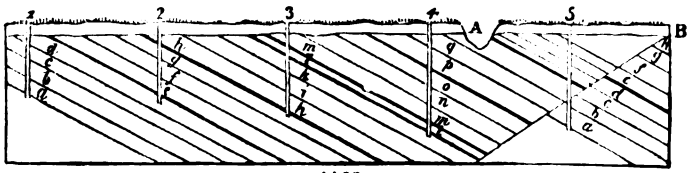
1161.



Cela fait, on reconnaît la position des couches de charbon, et les failles ou rejets, soit au moyen des affleurements que l'on découvre dans les escarpements A (fig. 1163), soit au moyen d'une série de trous de sonde également espacés et placés en ligne droite dans un plan normal à la direction des couches. Supposons qu'un premier trou de sonde 1 rencontre une couche de houille à la profondeur de 60m, et qu'on s'arrête à cette profondeur. Si l'inclinaison des couches est de 1/3,

Digitized by Google

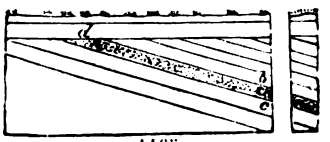
l'espacement des divers trous de sonde devra être au plus de trois fois 60m ou 180m, pour qu'on reconnaisse tout le terrain. Les trous de sonde étant placés à cette distance les uns des autres, les couches déjà rencontrées dans un des trous, le n° 3, par exemple, devront se rencontrer dans le trou suivant, le n° 4 (en suivant l'inclinaison), à un niveau inférieur de 60m, si cela n'a pas lieu, comme dans le n° 5, ce sera dû à l'existence d'une faille qui aura rejeté les couches vers le bas ou le haut, ce dont on jugera par la nature des couches traversées.



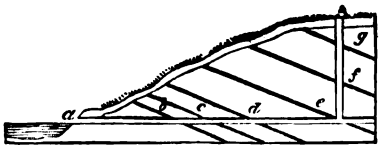
1163.

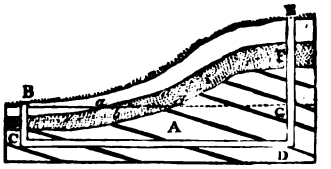
Puits et galeries à travers bancs. Le terrain étant exploré, on rejoint la couche à exploiter par un puits ou une galerie à travers bancs, suivant les circonstances. Dans les pays de plaine, on fonce toujours des puits; dans les pays de montagnes, on pratique des galeries servant en même temps pour l'écoulement des eaux et pour l'exploitation des portions de couches situées au-dessus du fond des vallées, et des puits pour atteindre le combustible minéral à un niveau inférieur.

Les puits ou galeries à travers bancs rencontrent d'ailleurs généralement plusieurs couches de houille parallèles comme l'indiquent les figures 1164 et 1165. Il faut avoir soin à cet effet de pousser, autant que possible, les galeries à travers bancs dans un plan normal à la direction des couches.


1165.

Lorsque tout le terrain est recouvert sur une certaine épaisseur de sable coulant *b* (fig. 1166), l'exécution des galeries à travers bancs devient très difficile, on fait alors descendre au point le plus bas une tour en maçonnerie ou en fonte B C (voyez MINES), que l'on prolonge un peu au-dessous du sable coulant; ensuite, après s'être assuré par un trou de sonde E D, que le sable coulant est à un niveau plus élevé en F qu'en C; on perce, à partir du pied du puits B C, une galerie C D, normale à la direction des couches et qui s'étend sous toute la longueur du champ d'exploitation : le puits B C, sert pendant ce temps à l'extraction des déblais et des eaux; on laisse ensuite remonter l'eau qui s'écoule par l'orifice du puits B C, et la mine se trouve ainsi asséchée jusqu'au niveau B G.

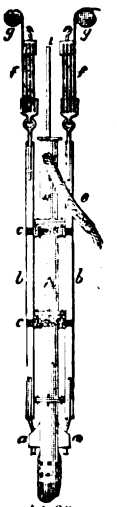

1164.


1166.


1167.

Pour retenir en partie les eaux de la surface et les terrains meubles qui la composent, on forme, à l'orifice du puits, un cône renversé (fig. 1167), qui se prolonge jusqu'à une couche solide et imperméable, et on remplit le vide qui existe entre les parois et la maçonnerie cylindrique du puits avec de l'argile bien tassée.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails du fonçement des puits et galeries, pour lesquels nous renverrons à l'art. MINES, afin de ne pas faire double emploi.


1168.

L'épuisement des eaux se fait au moyen de *pompes élévatoires* A (fig. 1168), supportées par des palans et que l'on descend au fur et à mesure de l'approfondissement des puits. Lorsque ceux-ci sont achevés, on emploie tantôt des pompes élévatoires, tantôt des pompes à plongeur (plunger-pumps), et l'on soutient les colonnes de tuyaux, au moyen de crampons (fig. 1169), qui se fixent contre les parois des puits.


1169.

Quand le terrain est solide et donne peu d'eau, on laisse les parois des puits à nu; lorsque le terrain est peu solide et donne peu d'eau, on a recours pour maintenir la poussée au muraillement en briques ou à un simple boisage, suivant la durée probable du service de ce puits. Enfin, quand il y a beaucoup d'eau, on est obligé de recourir au cuvelage en fonte ou en bois. Ce dernier, le plus employé, consiste en plusieurs *trousses* ou cadres ordinairement décagones, supportés par une ou plusieurs *trousses picotées* placées sur une banquette *c c* (fig. 1170), ménagée dans la couche imperméable *a a*, qui se trouve sous la couche perméable *b b*. Ces trousses sont ainsi nommées parce qu'on place derrière les pièces de chaque cadre des planches ou *lambourdes*, placées de champ; on garnit le vide, entre les lambourdes et la roche, d'étoupes ou de mousse; l'on chasse ensuite entre les lambourdes et les pièces du cadre jusqu'à refus, d'abord des coins plats en bois blanc, puis des coins pointus ou picots, etc., en bois blanc et en chêne, auxquels on fait une entrée au moyen d'aiguilles ou *agrappes* en fer. Il devient alors impossible que l'eau, malgré la forte pression qu'elle exerce, filtre derrière le cadre et passe en dessous. Le cuvelage se termine, également au-dessus de la couche perméable, par une trousse picotée horizontalement contre une banquette *d d*. Les trousses ordinaires se trouvent ainsi fortement serrées les unes contre les autres.

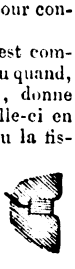

1170.

La fig. 1171 est une coupe à une échelle plus grande du cuvelage en bois : *d*, trousse porteuse ou picotée;

Digitized by Google

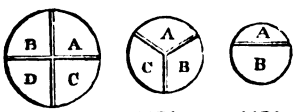
k k, cuvelage; *g*, *h*, pièces de renfort pour consolider et préserver le cuvelage.

Quand une couche mince aquifère est comprise en deux couches imperméables, ou quand, le terrain étant solide, mais fissuré, donne beaucoup d'eau, on peut arrêter celle-ci en pratiquant dans la couche aquifère, ou la fissure, une rainure horizontale dans laquelle on exécute un picotage également horizontal (fig. 1172).



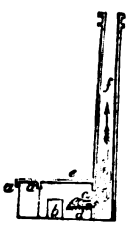
1172. 1171.

On divise toujours les puits, au moyen de cloisons, en deux compartiments au moins (fig. 1173), dont le plus petit A renferme les pompes, et le plus grand B sert à l'extraction : ces puits doivent au moins avoir 3m de diamètre. Les puits à trois compartiments (fig. 1174), dont l'un A sert aux échelles, et les deux autres B et C', à l'extraction, doivent avoir au moins 4m de diamètre; enfin les puits à quatre compartiments A, B, C, D (fig. 1175), dont l'un renferme les échelles, un second sert à l'aérage et les deux autres à l'extraction, ne peuvent avoir moins de 5m de diamètre.



1175. 1174. 1173.

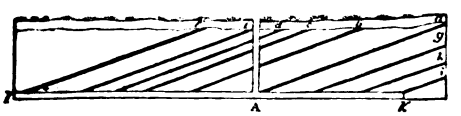
Dans le fonçement des puits, arrivé à une profondeur variable, on se trouve souvent forcé de recourir à un aérage artificiel, soit en recouvrant l'un des compartiments du puits d'une voûte *b* (fig. 1176), qui débouche dans une chambre *e*, renfermant une haute cheminée *f*, où l'appel est déterminé par le combustible *e*, que l'on charge sur la grille *d*, en pénétrant dans la chambre par les doubles portes *a*, *a*, soit, ce qui est préférable, au moyen d'un ventilateur aspirant.



1176.

Exploitation proprement dite des mines de houille. Prenons d'abord le cas le plus simple, celui d'une seule couche de houille.

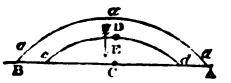
Dès que l'on a foncé dans le terrain carbonifère un puits A (fig. 1177), jusqu'à la profondeur que l'on veut



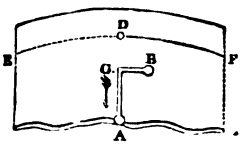
1177.

exploiter, il est encore nécessaire, avant de procéder à l'exploitation proprement dite, de se livrer à une série de travaux préparatoires qui consistent : 1° Dans le fonçement d'un second puits qui atteint la couche à une moindre profondeur que le premier puits; 2° dans le percement d'une galerie montante qui joint les pieds de ces deux puits; et 3° dans l'exécution d'une galerie horizontale, dite *galerie d'allongement*, qui, partant du fond du premier puits, s'étend jusqu'aux limites du champ d'exploitation, en suivant toujours la direction de la couche.

La galerie montante a 2m à 2m,50 de largeur; elle suit quelquefois la ligne directe menée d'un puits à l'autre; d'autres fois sa direction fait un angle droit avec celle des fissures naturelles du charbon, jusqu'à ce qu'on arrive au niveau du puits n° 2, que l'on rejoint par une seconde galerie parallèle aux fissures que l'autre coupe, comme l'indique la fig. 1178 : A, puits n° 1; C puits n° 2; AC, galerie montante normale aux



1178.



1179.

joints; BC, galerie de niveau parallèle aux mêmes joints.

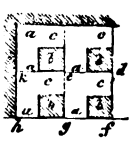
Dès que les deux puits sont mis en communication, il s'établit un courant d'air qui descend par l'un deux et remonte par l'autre. On procède alors au percement de la galerie d'allongement qui part du puits n° 1; comme la couche n'est pas rigoureusement plane, cette galerie est généralement sinueuse; si la couche *a b* (fig. 1179), a la forme du bassin, la galerie d'allongement *c d*, partant du puits D, aura une forme elliptique et sera prolongée jusqu'aux limites du champ d'exploitation, ou jusqu'à la rencontre d'une faille AB.

Cela fait, on peut commencer les travaux d'exploitation proprement dits. Les procédés que l'on suit à cet égard varient principalement avec l'épaisseur ou l'inclinaison des couches, la profondeur à laquelle on les rencontre, le plus ou moins de consistance du toit et du mur, et le plus ou moins d'abondance des matières que l'on peut employer pour remblayer.

Prenons d'abord le cas le plus fréquent, celui de couches d'une inclinaison et d'une puissance moyennes.

Dans ce cas, on suit ordinairement la méthode par piliers et galeries, ou la méthode par grandes tailles.

Pour exploiter par *piliers et galeries* (fig. 1180), on commence par ouvrir dans la houille même, sur toute la hauteur de la couche, des galeries parallèles dites tailles, séparées par des murs de charbon, et l'on recoupe ces murs par des galeries transversales, de manière à former des piliers, soit dans une portion de la couche seulement, soit dans toute la partie que l'on veut exploiter. Tantôt on ne donne aux piliers que les dimensions strictement nécessaires pour soutenir le toit, et on les abandonne dans la mine; tantôt, et le plus souvent, on leur donne des dimensions bien supérieures, et à la fin de l'exploitation, on les abat complétement, en partant de celui qui est le plus éloigné du puits principal, et en revenant vers ce puits, ce qui s'appelle *dépiler*. Dans ce cas, l'ouvrier empêche la chute immédiate du toit à l'aide d'étais, qu'il retire ensuite avec précaution, de manière à faire ébouler peu à peu le terrain à mesure qu'il se retire.



1180.

La méthode par *grandes tailles*, qui ne s'applique qu'aux couches de 1m,50 à 2m,00 de puissance, consiste à abattre entièrement le charbon au fur et à mesure que l'on avance, sans laisser de piliers. On empêche la chute immédiate du toit par des étais; on remblaie derrière soi, et l'on se ménage des galeries, à travers les remblais et les éboulis, pour retourner au puits d'extraction.

Lorsque le mur est mauvais et que la couche et le toit sont solides, il faut que les piliers aient de grandes dimensions pour ne pas pénétrer dans le mur, ce qui produirait un gonflement ou soulèvement du sol des galeries (fig. 1181).

1181.



1182.

Lorsque la couche est tendre et présente un grand nombre de fissures larges, il faut aussi des piliers de grandes dimensions; sans cela, la pression des couches supérieures écraserait les piliers, ce qui produirait un éboulement du toit (figure 1182).

Digitized by Google

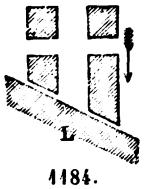
Si le toit est mauvais (fig. 1183), les piliers doivent encore être de grandes dimensions et les galeries étroites.



1183.

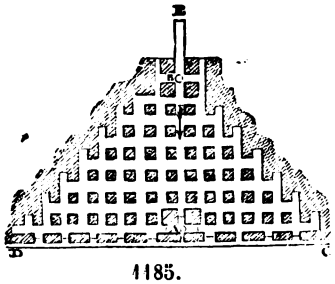
Il est important, dans l'exploitation, par piliers et galeries, afin que les premiers offrent le maximum de résistance, que les galeries croisées soient parallèles à la direction de deux systèmes de fissures naturelles.

La galerie d'allongement coupe souvent ces systèmes des fissures suivant des angles très variables. On doit alors calculer les dimensions des piliers voisins de cette galerie (fig. 1184), de manière à ce qu'ils présentent une résistance suffisante, eu égard à l'obliquité d'une de leurs faces sur celles des galeries. On conserve en outre, près de cette galerie, un rang de piliers plus épais, afin de la conserver dans le cas où un accident viendrait à faire ébouler les parties voisines de la mine.



1184.

Donnons maintenant quelques exemples d'exploitations basées sur les principes que nous venons de développer.



1185.

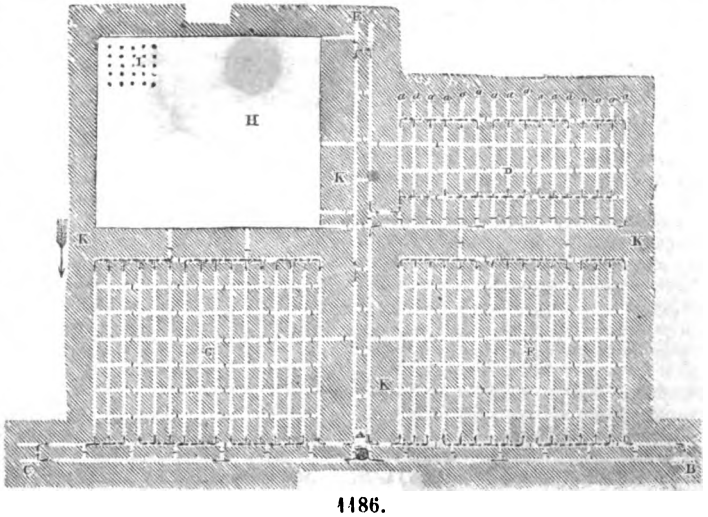
Méthode par piliers et tailles. Fig. 1185 : A, puits n° 2; CD, galerie principale d'allongement; AB, galerie principale d'inclinaison. Les tailles sont ouvertes tantôt dans le sens de l'inclinaison, comme l'indique la figure, tantôt dans le sens de la direction, suivant que le charbon paraît s'abattre plus facilement dans un sens que dans l'autre, de telle façon que les tailles les plus voisines du puits principal sont toujours les plus avancées; on recoupe ensuite les murs de charbon qui les séparent par des tailles transversales.

Les galeries ou tailles se terminent tantôt à la crête des couches, tantôt dans des parties où le charbon perd sa bonne qualité; tantôt enfin, elles s'arrêtent à la rencontre de failles ou dykes qui donnent lieu à des rejets considérables, ou à la limite du terrain houiller.

Quand la profondeur de la couche est peu considérable, on multiplie les puits, ce qui facilite beaucoup l'extraction et l'aérage; mais lorsqu'elle est très grande et que les terrains morts sont très aquifères, le percement des puits est très coûteux, et, dans ce cas, on se sert souvent d'un seul puits divisé en plusieurs compartiments pour le service des machines d'épuisement et d'extraction.

Lorsque les couches sont à de grandes profondeurs, la pression sur les piliers devient considérable, et il devient extrêmement difficile de régler l'éboulement lors du dépilage : la quantité de houille perdue s'élève à 1/3 et même à 1/2 de celle qu'on aurait pu extraire. M. J. Buddle, de Newcastle, est parvenu à remédier à ce grave inconvénient, par l'invention de la méthode dite *à piliers* et *à compartiments*, qui s'applique aux couches profondes, et consiste, au lieu de diviser toute l'étendue de la couche par des piliers et des galeries croisées en échiquier, à la partager en un certain nombre de compartiments rectangulaires ou carrés formant aussi échiquier, mais entourés de tous côtés par des murs de charbon de 40 à 50 mètres d'épaisseur : des galeries et canaux d'aérage établis dans ces murs permettent d'exploiter l'intérieur des compartiments, comme l'indique la fig. 1186. A, puits n° 1, subdivisé en trois parties; l'une pour les pompes, les deux autres pour l'extraction : ces deux dernières servent aussi pour l'aérage; l'air froid descend par l'une d'elles, et l'air chaud s'élève par l'autre, au fond de laquelle se trouve un foyer; BC, galerie principale d'allongement; AE, galerie montante; D, compartiment dans lequel les tailles ne sont pas encore entièrement percées; F, G, compartiments prêts à dépiler; H, compartiment entièrement dépilé; K, murs des compartiments; chaque compartiment a au plus 4000 mètres carrés de surface. On fait ébouler au fur et à mesure du dépilage; puis, après avoir dépilé, on abat successivement les murs des compartiments, en revenant vers le puits principal A.

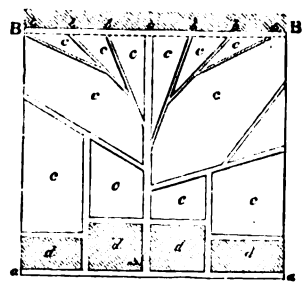
Méthode par grandes tailles. Cette méthode, dont nous avons déjà donné les principes plus haut, consiste d'abord à ouvrir une galerie d'allongement principale, suivant la direction, en laissant autour des puits de forts piliers, comme l'indique la figure 1187. On soutient également le toit de la galerie d'allongement par des murs de charbon ou de maçonnerie, recoupés suivant les besoins de l'aérage ou de l'exploitation. On exploite ensuite par larges tailles, dirigées dans le sens



1186.

Digitized by Google

qui offre le plus de facilité pour l'abattage du charbon, en remblayant autant que possible derrière soi avec le mauvais charbon et les déblais. On soutient provisoirement le toit, près du front de la taille, par des étais et de petits murs en pierre sèche.

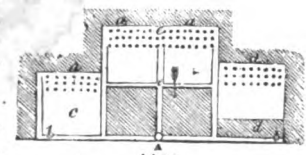


1187.

Lorsque les déblais sont rares et que le toit est solide, on se contente de former de petits tas de déblais, s'élevant du mur jusqu'au toit, sur des lignes perpendiculaires au front de la taille, et séparés par des espaces vides; ces tas s'affaissent avec le toit et comblent les vides.

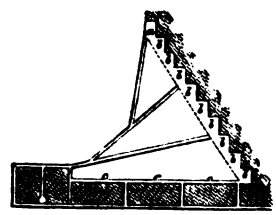
La figure 1187 représente la disposition la plus usitée dans le Shropshire : les galeries ménagées à travers les remblais, pour revenir du fond des tailles au puits d'extraction, sont disposées en éventail.

La fig. 1188 représente une autre disposition plus régulière, mais moins répandue.



1188.

Une autre disposition de la méthode par grandes tailles, dite méthode par gradins, consiste (figure 1189) à ouvrir successivement une série de tailles *b*, *b*, de 2 à 4 mètres de large, à côté les unes des autres, de telle sorte que les fronts de ces tailles soient disposés par gradins. Un ouvrier est placé devant chaque gradin. Dans ce cas, on ménage des galeries à travers les remblais, ou bien on remblaie entièrement l'espace excavé, sauf la partie où se tiennent les ouvriers et la galerie principale d'allongement AB, et le charbon abattu suit le front des tailles pour arriver à la galerie d'allongement : on donne souvent assez de largeur aux tailles pour placer dans chacune d'elles deux à trois ouvriers.


1189.

La méthode par grandes tailles est très employée en France et en Belgique ; elle peut s'appliquer à toutes les couches de houille, quelle que soit leur épaisseur, pourvu que l'on ait assez de remblais : elle est actuellement généralement adoptée dans les mines de Rive-de-Gier, que l'on exploite en deux étages superposés en remblayant au fur et à mesure.

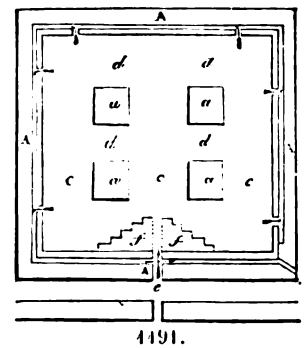
Les diverses méthodes que nous venons d'exposer s'appliquent également à l'exploitation des couches minces ; il est rare qu'on exploite une couche dont l'épaisseur soit au-dessous de 0m,50. Lorsque les couches n'ont pas plus de 6m d'épaisseur et que le toit est très solide, on les exploite quelquefois par les mêmes méthodes ; mais si le charbon est tendre et friable, on établit deux étages de travaux, et on perd beaucoup de charbon laissé dans la mine.

Tantôt on commence par exploiter l'étage supérieur par tailles et piliers abandonnés, puis l'étage inférieur, que l'on a sous les pieds, comme on le ferait dans une carrière à ciel ouvert, en disposant l'exploitation simultanée des deux étages sous forme de gradins ; tantôt on exploite un banc inférieur de 1m,50 à 2m d'épaisseur, et l'on fait ensuite tomber les bancs supérieurs.

Quand le charbon est très friable et de nature à se déliter promptement à l'air, on exploite d'abord la portion supérieure de la couche, puis la partie inférieure, en laissant entre les deux étages de travaux, un banc ou *estau* (fig. 1190) de 0m,80 à 1m,00 d'épaisseur, en ayant soin que les piliers des deux étages se correspondent exactement ; on finit par exploiter l'estau qui sépare les deux étages et l'on dépile autant que possible.


1190.

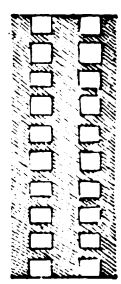
Lorsque le toit est tendre, il est nécessaire de le soutenir en laissant subsister un banc supérieur ou *faux-toit* de charbon.



1191.

La fig. 1191 représente le mode d'exploitation suivi à Dudley, dans le Staffordshire, pour l'exploitation d'une couche de 10m de puissance : on divise la mine en compartiments, comme dans la méthode inventée par M. Budlle ; A, A, murs d'un compartiment de 12m d'épaisseur ; *a*, *a*, piliers de 8m de côté ; *c*, *d*, tailles de 11m de large ; *e*, galerie qui sert à pénétrer dans le compartiment et à en sortir. La couche est divisée en bancs par des fissures ou des petits lits de pierre qui en facilitent l'exploitation. On commence d'abord par attaquer la couche par la méthode en gradins, en exploitant un banc inférieur de 0m,70 d'épaisseur seulement ; lorsque les piliers et le mur d'enceinte sont dégagés, on *hare* de bas en haut, le long de leurs parois et on fait tomber les bancs supérieurs par plaques plus ou moins épaisses, suivant la disposition des joints naturels de la couche. On soutient provisoirement les bancs de charbon, au moyen d'étais et de piliers en pierre sèche.

Le charbon laissé dans les piliers et le menu perdu dans la mine forment environ les 0,4 du charbon que renferme la couche.


1192.

A Johnstone (Écosse), on exploite par estaus, une couche dont la puissance atteint 20 et 30 mètres. Le toit étant très mauvais, on laisse environ 1m de houille comme faux-toit ; on donne 2m à chaque étage et 1m aux estaus : on exploite ainsi 10 assises, comme l'indique la fig. 1192.

Les couches très inclinées sont exploitées par piliers et galeries ou par gradins. Les tailles principales sont toujours percées dans le sens de la direction, afin d'exposer les ouvriers à moins de risques, et de faciliter le transport au puits d'extraction. Quand les couches sont verticales, ou à peu près, l'ouvrier est placé sur le charbon, ayant le toit et le mur à ses côtés. Le puits principal A (fig. 1193) est percé dans la roche du toit ou du mur, suivant que l'une ou l'autre est plus consistante. On rejoint les couches par des galeries à travers bancs *b b*, *c c* ; toutes les


1193.

Digitized by Google

tailles menées dans les couches épaisses, suivant la direction, sont réunies, au fur et à mesure que l'on avance, par de petites galeries transversales qui servent à la ventilation.

La meilleure méthode pour l'exploitation des couches épaisses et très inclinées, celle du Creusot par exemple, où on l'emploie avec succès, est celle dite par *ouvrage en travers*.

On fonce un puits dans le mur; parvenu à une certaine profondeur, on rejoint la couche par une galerie à travers bancs. Dès qu'on l'a atteinte, on ouvre une galerie d'allongement contre le mur; à l'extrémité de cette galerie prolongée, à une grande distance de la galerie à travers bancs, on perce dans le charbon une galerie horizontale, du mur au toit, à laquelle on donne même hauteur qu'à la galerie d'allongement, puis on la remblaie en revenant du toit au mur. On abat ainsi successivement une série de tranches de charbon en revenant vers la galerie à travers bancs. Au-dessus de ces remblais, on exploite un nouvel étage, exactement de même, et ainsi de suite, de sorte que l'on parvient à exploiter entièrement la couche, sans abandonner le charbon. La principale difficulté qu'offre cette méthode, est celle de se procurer des remblais : tantôt on en amène de la surface, tantôt on s'en procure en ouvrant de grandes excavations en cloches dans le toit ou le mur et faisant ébouler.

On commence également à exploiter les couches très épaisses et peu inclinées, par une méthode analogue; on exploite d'abord les assises inférieures en remblayant, puis les assises supérieures en montant sur les remblais : les tailles suivent alors le mur au lieu d'être percées du mur au toit.

Lorsque plusieurs couches de houille se trouvent placées les unes au-dessus des autres, et séparées par des bancs de rochers épais et consistants, on commence par exploiter les couches inférieures. Le charbon des couches supérieures devient un peu plus fragile; mais souvent aussi il s'exploite avec plus de facilité.

Quand les bancs de rocher n'ont pas une grande épaisseur, ou qu'ils sont peu consistants, on commence par les couches supérieures.

Transport de la houille dans l'intérieur de la mine. Le transport de la houille du fond des tailles au puits d'extraction, s'opère de diverses manières. Quelquefois encore il se fait à dos d'hommes, d'autres fois en brouette, mais le plus souvent on emploie des bennes placées sur des plates-formes portées sur des roues très basses roulant sur des rails plats en fonte ou saillants, en fer méplat, et traînées ou poussées par des enfants, du fond de la taille aux galeries principales : arrivé à l'une de celles-ci, on transporte les bennes, au moyen de petites grues, sur de nouveaux chariots semblables aux premiers, mais de plus grandes dimensions, de sorte qu'on peut y placer 2 à 4 bennes; un cheval traîne ordinairement un ou deux chariots à la fois, portant en tout 8 à 10 quint. métriq. de houille. On se sert alors de rails saillants, en fer méplat, ou à champignon comme ceux des chemins de fer établis à la surface.

Lorsque la pente de la couche est forte, le transport du charbon à la galerie principale, se fait ordinairement au moyen de plans auto-moteurs, munis de freins pour régulariser la vitesse : l'excès de poids des chariots pleins descendants fait alors remonter les chariots vides.

Dans certaines mines, le transport souterrain s'exécute en partie dans des canaux placés à différents étages.

Extraction par les puits. Le charbon est élevé au jour par des roues hydrauliques, ou, le plus souvent, par des machines à vapeur, qui font tourner des tambours sur lesquels s'enroulent les cordes ou câbles plats, en chanvre ou en fil de fer, auxquels la charge est suspendue; on emploie quelquefois aussi à cet effet des BALANCES D'EAU, ce qui est très convenable lorsque la disposition des lieux le permet.

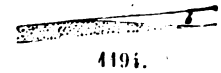
Le plus souvent les bennes, en arrivant à la place d'accrochage, sont suspendues par deux, l'une au-dessus de l'autre, au câble, par des crochets et des bouts de chaîne. Quelquefois on amoncèle le charbon sur un plancher ou plate-forme suspendu au câble et guidé par 2 ou 4 longuerines verticales.

On divise souvent les puits d'extraction en deux compartiments, par une cloison, afin d'éviter le choc des bennes, paniers ou plates-formes, montante et descendante.

Parvenue à l'orifice du puits, la houille est passée au crible, afin de la classer par grosseurs, dont le prix et le nom varient avec les localités.

Aérage des mines de houille. La combustion des lumières, la respiration des ouvriers et surtout le dégagement d'acide carbonique ou d'hydrogène carboné de l'intérieur du charbon, exigent que l'on détermine dans l'intérieur de la mine, un courant d'air suffisant pour délayer et entraîner ces gaz au dehors au fur et à mesure qu'ils se dégagent.

L'acide carbonique se rencontre surtout dans les terrains bouleversés par des roches ignées, et, à cause de sa densité, se rassemble dans les parties inférieures de la mine et des galeries montantes (fig. 1194); le contraire a lieu pour l'hydrogène carboné ou *grisou* (figure 1195). Ce dernier, mélangé avec l'air en certaines proportions donne naissance à des mélanges explosifs dont l'inflammation produit trop fréquemment encore des accidents terribles; on s'oppose à l'inflammation du mélange détonnant par l'emploi de LAMPES DE SURETÉ, mais le meilleur moyen est encore de prévenir la formation de ces mélanges par une ventilation suffisamment énergique. C'est surtout à l'approche des failles et des anciens travaux que l'on rencontre le grisou avec le plus d'abondance; il s'y accumule et suit les variations de la pression atmosphérique; ainsi, lorsque le baromètre est bas, il sort des anciens travaux par toutes les issues : aussi est-il nécessaire d'interroger le baromètre pour régler la ventilation.

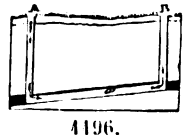


1194.



1195.

Lorsque des puits ou galeries (fig. 1196), dont les orifices se trouvent à des niveaux différents, sont mis en communication par des galeries souterraines, comme la température de ces puits et galeries est sensiblement constante aux mêmes points, variable du reste avec la profondeur, et généralement différente de celle de l'air extérieur, il arrive qu'un courant d'air s'établit naturellement entre ces puits ou galeries qui constituent de véritables syphons renversés à branches inégales. Cette circulation d'air se produit encore lors même que les puits ont leurs orifices au même niveau, parce que jamais la température et par suite la densité de l'air ne sont parfaitement égales dans l'un et dans l'autre. L'air étant plus froid en été et plus chaud en hiver dans l'intérieur de la mine qu'à l'extérieur, le courant suit un sens dans l'une de ces saisons et le sens inverse dans l'autre; il est d'ailleurs plus actif en hiver qu'en été.



1196.

L'aérage naturel est souvent insuffisant pour ventiler convenablement les mines de houille où il se présente des dégorgements d'acide carbonique ou de grisou. On y supplée alors, soit en plaçant sur l'un des puits une machine aspirante, soit au moyen d'un foyer placé ordinairement au fond de l'un des puits, qui raréfie l'air dans

Digitized by Google

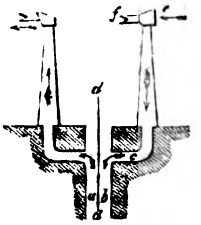
ce puits, en élevant sa température de quelques degrés.

Les machines aspirantes sont de grandes machines pneumatiques ou des ventilateurs aspirants.

Les foyers d'aérage sont ordinairement séparés du puits, comme l'indique la fig. 1197, et sont quelquefois alimentés par un courant d'air frais n'ayant pas circulé dans la mine : dans ce cas d'ailleurs, les gaz produits de la combustion n'arrivant qu'à une température peu élevée, en *d*, dans le puits, en contact avec l'air vicié qui a parcouru les travaux, il ne peut y avoir inflammation de ce dernier, quelque chargé qu'il soit de grisou. Quelquefois, lorsqu'il n'y a qu'un puits, divisé en deux compartiments, servant à l'aérage et à l'extraction, on adopte la disposition représentée fig. 1198 et qui consiste à les faire communiquer avec des cheminées latérales surmontées de gueules de loup, ayant pour but de s'opposer à l'action des vents sur le tirage.



1197.



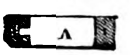
1198.

Le courant d'air tend naturellement à suivre le plus court chemin que lui présentent les galeries souterraines qui réunissent l'un et l'autre puits ou l'un et l'autre compartiment ; on le force à pénétrer dans toutes les parties de la mine que l'on veut ventiler au moyen de portes battantes ou de cloisons, qui l'empêchent de suivre le chemin direct. Lorsque ces cloisons sont établies dans des galeries de roulage, on emploie de doubles portes battantes, que l'on ouvre successivement, et qui permettent de circuler, sans apporter de perturbations dans le sens du courant.

Lorsqu'on fonce une galerie, avant que les puits ne soient en communication, on emploie souvent un petit conduit en bois placé au toit de la galerie, et qui se recourbe pour monter verticalement le long des parois du puits ; on produit l'aspiration, soit au moyen d'un petit foyer placé à la partie supérieure de la gaine d'aérage, ou simplement en exhaussant cette gaine de quelques mètres au-dessus de l'orifice du puits : on se sert aussi, dans quelques cas, d'une pompe pneumatique (fig. 1199), qui se compose d'un tonneau *d*, renversé dans une bâche d'eau *a* ; *b*, est le tuyau qui communique avec la gaine : ce tuyau, ainsi que la tonne, sont munis de soupapes s'ouvrant de bas en haut. Quelquefois on remplace le conduit qui suit la galerie par une simple rainure que l'on pratique dans le charbon (figure 1200), et que l'on recouvre d'un petit plancher imperméable à l'air.

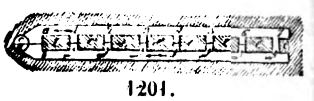


1199.

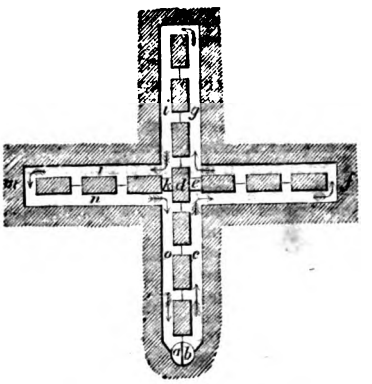


1200.

Lorsque la mine n'a qu'un puits à deux compartiments, on fait parvenir l'air au fond des tailles, en commençant l'exploitation, comme l'indique la fig. 1201 : au bas du puits, on ouvre en même temps deux galeries parallèles, dont une part du compartiment chauffé, et l'autre du compartiment froid. Arrivé à une faible distance du puits, on met ces galeries en communication par une galerie de traverse ; on continue à foncer les galeries parallèles ; dès que le besoin d'air se fait de nouveau sentir, on perce une nouvelle galerie de traverse, on ferme la première galerie de traverse au moyen d'un petit mur en briques, et l'air vient de nouveau lécher le front des tailles.

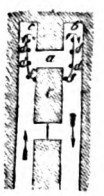


1201.



1202.

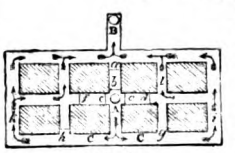
La fig. 1202 indique comment on peut ouvrir et ventiler en même temps deux systèmes de doubles galeries ou tailles en croix.



1203.

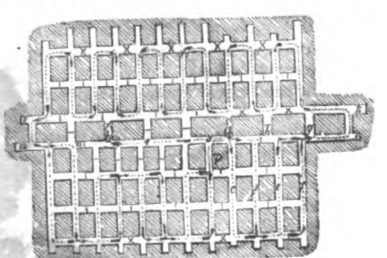
Lorsque l'hydrogène se dégage en grande abondance du charbon, on force le courant à lécher constamment le fond des tailles *b*, *c*, (fig. 1203), en construisant au fur et à mesure que l'on avance une cloison *f d. d.*

Dans les mines peu profondes et où le gaz est en faible abondance, on opère la distribution de l'air, comme l'indique la fig. 1204 : le courant réglé par les barrages *a*, *b*, *c*, *d*, *f*, *g*, *h*, descend d'abord par le puits A, puis se subdivise en deux courants C, C, qui se réunissent de nouveau en *a*, pour remonter par le puits B, après avoir léché le front des tailles et s'être répandus dans toute l'étendue des travaux.



1204.

Dans les mines profondes, où il se dégage une grande abondance de grisou, le courant lèche d'abord le front des tailles où l'on travaille, et parcourt ensuite les galeries ou tailles déjà percées. La fig. 1205 repré-



1205.

sente la distribution de l'air dans une de ces mines : *a*, est le puits par lequel descend l'air frais, et *b*, celui par lequel sort l'air vicié. En suivant les flèches, on voit que le courant d'air circule d'abord le long des galeries *c* et *d*, en se répandant par les galeries auxiliaires au travers du mur de charbon qui les sépare ; qu'il rebrousse ensuite chemin par les galeries *e*, *f*, dans les-

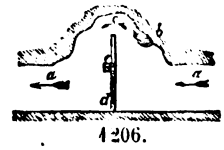
Digitized by Google

quelles les barrières l'avaient d'abord empêché de pénétrer; que plus loin, arrêté par les barrières *g*, *h*, il se rend au front des tailles *i* et *k*, puis, que forcé à suivre une ligne sinueuse, il parcourt successivement chacune des galeries jusqu'aux fronts des tailles *l*, *m*, se répand ensuite dans une série de tailles, qu'il traverse par deux à la fois comme les premières, et enfin s'échappe par le puits d'aérage *b*.

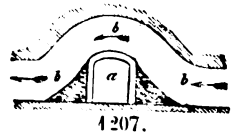
Les lignes croisées représentent les portes battantes doubles, que l'on substitue aux barrières en briques dans les galeries de roulage.

Les principaux barrages sont fortifiés par des constructions en pierres, afin de conserver, en cas d'explosion, le courant d'air dans les principales directions.

Quelquefois le grisou, sortant du toit en abondance par des fissures nommées *soufflards*, produit de grandes cavités coniques dans lesquelles il se loge : on construit alors, pour le balayer, une cloison *e* (figure 1206), qui force le courant d'air *a a* à raser le toit *c*; *d*, est une porte battante à travers cette cloison : *b*, est le soufflard.



1206.



1207.

Enfin la fig. 1207 montre la disposition qu'on emploie pour deux courants d'air *a*, *b*, qui se croisent.

Nous renverrons pour plus de détails sur l'aérage à l'article MINES, où nous indiquerons aussi les effets terribles des explosions, malheureusement trop fréquentes, qu'occasionne la présence d'un grisou dans les mines, et des moyens de les atténuer autant que possible lorsque cet accident a lieu.

Statistique.

ANGLETERRE. La production de houille de la Grande-Bretagne est annuellement d'environ 250 millions de quintaux métriques, qui représentent une valeur d'à peu près 375 millions de francs. Sur cette quantité, 200 millions de quintaux métriques environ sont consommés dans le pays.

Les principaux dépôts houillers de l'Angleterre sont : le grand bassin houiller de Newcastle; le bassin de Yorkshire; les deux bassins du Staffordshire, et les nombreux bassins du pays de Galles. En Écosse, nous citerons les bassins houillers de Clackmannshire et de Glascow.

Plusieurs de ces bassins, outre la houille, renferment de puissantes couches subordonnées de fer carbonaté lithoïde; c'est à leur présence que certaines parties de l'Angleterre, telles que le Staffordshire et le pays de Galles, sont redevables de l'immense développement qu'y a pris l'industrie du fer.

BELGIQUE. Aucun pays après l'Angleterre n'est aussi richement doté en combustible minéral que la Belgique; il s'y rencontre surtout dans les trois districts de Mons, de Charleroi et de Liége. On compte en Belgique :

Près de Mons.	69	mines de houille.
— Charleroi. . . .	85	
— Namur	38	
— Liége.	88	
— Huy..	24	
Total.	304	mines de houille.

Qui produisent annuellement environ 33 millions et 1/2 de quintaux métriques de houille.

FRANCE. Parmi les nombreux bassins houillers qui existent en France, nous citerons d'abord celui de *Valenciennes* qui est le prolongement du bassin houiller de Mons en Belgique, et qui est recouvert de *terrains morts*, d'une épaisseur de 50 à 100 mètres à Anzin, et jusqu'à 200 mètres près d'Aniches, qui sont traversés par de puissants *niveaux* ou couches aquifères.

Ce bassin renferme un grand nombre de couches de houille dont une douzaine seulement sont assez épaisses pour pouvoir être exploitées avec bénéfices : leur puissance dépasse rarement 0m,70.

Les charbons d'Anzin sont gras, collants, en général peu sulfureux; ceux de Denain sont plus flambants, moins collants, et meilleurs pour la grille. Les mines de Raismes fournissent un charbon de grille maigre; celles de Fresnes et du vieux Condé un charbon sec anthraciteux. Le charbon d'Aniches est assez analogue à celui d'Anzin.

Le bassin houiller le plus important de France est celui de *la Loire* qui repose sur le terrain primitif, et se divise en deux parties distinctes ayant pour centres l'une *Saint-Étienne*, l'autre *Rive-de-Gier*. Le terrain houiller affleurant partout à la surface du sol, il n'y a pas de *niveaux* comme en Belgique et dans le département du Nord; en outre le grisou y est rare et peu abondant.

Ce terrain houiller dont la superficie est de 200 kil. carrés est très accidenté, et se divise naturellement en un grand nombre de bassins partiels, en forme de *cul-de-bateau*, qui constituent autant de centres isolés d'exploitation. La puissance des couches est très variable; elles sont souvent accidentées par des renflements qui leur donnent subitement une épaisseur considérable jusqu'à 15 à 20 mètres, ou par des rétrécissements, qui souvent les réduisent tout à coup à un simple filet charbonneux, ou même ne conservent plus aucune trace du combustible. La puissance moyenne des couches exploitées varie de 1 à 5 ou 6 mètres. Elles fournissent deux variétés de houille : l'une est de la houille grasse maréchale de première qualité, l'autre moins collante et plus solide est très recherchée comme charbon de grille. Dans les mines du bassin de la Loire, la proportion du menu dépasse souvent les 2/3 de la quantité de houille extraite; on en vend une partie en cet état et le reste est transformé sur les lieux en coke.

Les environs de *Brassac*, en Auvergne, contiennent plusieurs couches de houille qui fournissent du charbon de grille de bonne qualité.

Sur les bords du canal du Centre il existe une vaste étendue de terrain houiller qui présente deux centres d'extraction importants, le *Creusot* et *Blanzy*.

L'exploitation du Creusot porte principalement sur une couche de houille presque verticale de 15 à 20m d'épaisseur, et propre à la fabrication du coke.

A Monceau, qui dépend de Blanzy, on n'exploite également qu'une couche verticale près du jour, et ensuite très peu inclinée, dont l'épaisseur va jusqu'à 20m dans la profondeur. Elle est divisée en trois parties par deux bancs de schiste de 1m environ de puissance. Ce charbon est impropre à la fabrication du coke, et n'est employé que comme charbon de grille. Lorsqu'on veut produire une forte chaleur, comme dans le puddlage de la fonte et le réchauffage du fer, il faut le mélanger avec des charbons gras comme ceux de la Loire.

Les mines de *Decize*, près de la Loire, ne renferment que deux couches exploitées, de 1m,20 à 1m,50 de puissance; elles fournissent un charbon flambant et sulfureux comme celui de Blanzy, mais plus collant et plus durable au feu.

Les mines de *Fins*, dans l'Allier, donnent du charbon de forge comparable à celui de Saint Étienne. Les mines de *Commentry*, dans le même département, donnent un charbon de bonne qualité, très propre à la fabrication du coke.

Epinac, dans le département de Saône-et-Loire, four-

Digitized by Google

nis des charbons de grille très chaud, mais qui encrassent plus la grille que ceux de la Loire.

Alais, Decazeville, etc., produisent également une grande quantité de houille consommée sur les lieux par les usines métallurgiques.

Les Alpes, le Maine et l'Anjou, produisent une grande quantité d'anthracite employé à la cuisson de la chaux et des briques.

Enfin, le Midi renferme beaucoup de lignites.

En résumé, la production des combustibles minéraux en France, en 1842, s'est élevée à 35,920,843^{tm}, répartis ainsi qu'il suit :

Anthracite.	6,012,317^{tm}
Houille dure à courte flamme. . .	1,480,820
— grasse maréchale.	3,194,961
— grasse à longue flamme. .	19,688,616
— maigre à longue flamme. .	3,551,700
Lignite.	1,992,429
	35,920,843^{tm}

Et la consommation intérieure à 52,034,156^{tm}, comme suit :

Production indigène.

Bassin houiller de la Loire.	12,904,150^{tm}	
Bassin houiller de Valenciennes.	9,071,596	
Bassin houiller d'Alais. .	2,921,387	
Bassin houiller de Creusot et Blanzy.	1,254,927	35,920,843^{tm}
Bassin houiller d'Aubin. .	1,254,927	
67 autres bassins carbonifères.	7,439,341	

Importation.

De Belgique.	9,779,349^{tm}	
De la Grande-Bretagne. .	4,907,382	
Des provinces rhénanes. .	1,996,953	16,691,837
De divers pays.	8,153	
En tout.		52,612,680
Exportation.		578,524
Reste pour la consommation intérieure.		52,034,156^{tm}

Le prix moyen de la houille, prise sur la mine, est de 0^f,90 les 100^k, ou 0^f,75 l'hectolitre, mais les transports le font remonter à un prix bien plus élevé; ainsi, à Paris, le prix de l'hectolitre, en gros, est de 3^f.

ALLEMAGNE. La Prusse est le pays de l'Allemagne le plus riche en houille. On y remarque surtout les bassins de Sarrebrück, d'Eschweiler et de Silésie. On y trouve également beaucoup de lignites.

La production de ce pays, en 1841, a été comme suit :

En houille.

Westphalie.	9,825,745^{tm}	
Silésie.	8,235,215	
Provinces rhénanes. .	6,795,270	25,381,175^{tm}
Thuringe.	181,945	

En lignite.

Thuringe.	4,793,715^{tm}	
Provinces rhénanes. .	1,906,465	6,701,590
Silésie.	1,410	
En tout.		32,082,765^{tm}

Hesse Électorale. La Hesse Électorale renferme de la houille grasse, très collante, à Obernkirchen, dans le comté de Schaumbourg et beaucoup de lignite à Habichtswald et à Meisner près de Cassel. Ces mines produisent annuellement environ 1,000,000^{tm} de houille et autant de lignite.

Bohême. La Bohême est très riche en combustibles minéraux. On y trouve trois bassins houillers principaux : ceux de Rakonitz, de Radnitz et de Pilsen. Le premier renferme plusieurs couches de 0,^{m}60 à 1^m,50 de puissance; le second, beaucoup plus limité, possède une couche de 10^m d'épaisseur, qui fournit un charbon solide et très pur, d'excellente qualité pour la grille; mais impropre à la fabrication du coke; enfin, le troisième bassin est analogue au premier, pour la puissance des couches et la qualité du charbon qu'elles fournissent.

La Bohême est surtout riche en lignite d'excellente qualité appartenant à la formation de l'argile plastique, et qui constitue dans la partie nord-ouest un vaste bassin qui s'étend d'Eger à Tœplitz, et présente une surface de plus de 2,000 kilom. carrés. L'épaisseur des couches qui est fréquemment de plus de 6^m, atteint souvent 20 et même 30^m.

La Bohême produit annuellement 1,281,500^{tm} de houille; celle en lignite est plus considérable, et pourrait, au besoin, acquérir un bien plus grand développement.

Empire d'Autriche. Le reste de l'empire d'Autriche ne produit annuellement que 2,250,000^{tm} de houille.

La Saxe en produit à peu près autant, et beaucoup de lignite; le reste de l'Allemagne, Bavière, Wurtemberg, etc., est très pauvre en combustibles minéraux.

P. DEBETTE.

HUILES. On distingue deux genres d'huiles : les unes sont visqueuses, fades ou presque insipides; les autres sans viscosité, caustiques et volatiles. Les premières sont les *huiles grasses*, les secondes sont les *huiles volatiles ou essentielles*.

HUILES GRASSES.

Les huiles grasses sont presque toutes liquides à la température ordinaire, leur viscosité les empêche de couler librement; 1° leur saveur est souvent désagréable, 2° leur odeur est toujours légère. La plupart sont colorées en jaune ou en jaune verdâtre. Toutes sont spécifiquement plus légères que l'eau.

Exposées à l'air, ces huiles perdent peu à peu leur limpidité, s'épaississent et quelquefois durcissent. Celles qui s'épaississent au point de ne plus tacher le papier sur lequel on les applique, prennent le nom d'*huiles siccatives*: telles sont les huiles de lin, d'œillette, de noix, de chenevis, de faîne. Celles qui ne s'épaississent point assez pour cela s'appellent *huiles non siccatives* : ce sont les huiles d'olive, de colza, d'amandes douces, de noisettes, de ricin, d'acajou. Dans ce changement d'état l'oxygène de l'air est absorbé et il se produit de l'acide carbonique (De Saussure, *Annales de chim. et de phys.*, XIII, 350).

Les huiles grasses sont insolubles dans l'eau : la plupart sont plus ou moins solubles dans l'alcool et dans l'éther.

Le soufre et le phosphore se dissolvent dans les huiles à l'aide de la chaleur : l'iode et le chlore leur enlèvent de l'hydrogène et forment, le premier de l'acide hydriodique, le second de l'acide hydrochlorique.

Les huiles grasses sont combustibles, mais elles ne peuvent brûler qu'à l'approche d'un corps en combustion. Traitées par les alcalis et l'eau elles forment des acides gras qui, s'unissant aux oxydes, produisent des SAVONS.

L'acide hypo-nitrique solidifie toutes les huiles non siccatives.

Soumises à l'action du froid, les huiles grasses s'épaississent et finissent par se prendre en masse: si on les comprime dans du papier buvard, celui-ci s'imprègne d'une matière grasse huileuse, et il reste une substance solide plus ou moins analogue au suif.

Les applications des huiles sont très nombreuses : elles

Digitized by Google

servent à l'éclairage, à la fabrication des savons, à la nourriture, au travail des laines et à la peinture.

Les matières propres à leur fabrication se divisent en deux classes qui sont : les olives et les graines oléagineuses ; chacune de ces classes exige un mode d'extraction particulier.

Comme les appareils employés pour l'extraction de l'huile des graines oléagineuses sont plus perfectionnés que ceux qui servent à la fabrication de l'huile d'olive, nous commencerons par les décrire.

EXTRACTION DE L'HUILE DES GRAINES OLÉAGINEUSES. L'extraction des huiles de graines exige une série d'opérations dont la plupart sont du ressort de la mécanique. L'établissement dans lequel se trouvent toutes les machines nécessaires à cette extraction se nomme *tordoir*, *moulin à huile*, ou huilerie. Les machines y sont mises en mouvement par des manéges, par le vent, par l'eau ou par la vapeur, suivant l'importance de la fabrication.

Les graines oléagineuses sont d'une qualité supérieure dans les années chaudes. Dans les années qui manquent d'eau les graines sont petites, et enfin si les pluies sont abondantes elles ne mûrissent pas.

Le colza, pour être de bonne qualité, doit avoir le grain plein, noir, lisse et glissant dans la main, écrasé sous l'ongle, l'huile doit en sortir abondamment. On conserve longtemps ces graines dans des greniers bien aérés. Une faible dessiccation fait un peu rider la surface du grain, mais la qualité et la quantité de l'huile ne sont pas changées.

Lorsque les graines se trouvent dans un grenier on doit avoir soin de les remuer à la pelle pour les aérer, et pour empêcher l'attaque de très petits insectes qui se mettent souvent dans le colza. Dans les grandes huileries on pourrait mettre les graines dans des *greniers mobiles* de M. Valéry.

Lorsqu'un tas de colza ou de navette est attaqué par les insectes dont nous venons de parler, il faut le mettre de suite au travail, pour éviter que le reste du grenier n'en soit infecté.

La détermination exacte de la proportion des principes gras contenus dans les graines oléagineuses est une opération facile, il suffit de traiter les semences par l'éther sulfurique qui dissout à froid les matières grasses. On broie la graine et on la met en digestion avec de l'éther qu'on renouvelle de temps en temps ; la dissolution éthérée est mise dans une capsule, on la chauffe un peu au *bain marie* afin de chasser les dernières traces d'éther ; le résidu huileux est traité par l'eau pour enlever les matières solubles dissoutes par l'éther. On sèche ensuite, et ce qui reste représente la proportion de matières grasses contenue dans la graine.

La quantité d'huile rendue par une graine soumise au pressoir est toujours moindre que celle qui y est contenue ; et la proportion d'huile retenue dans le tourteau est d'autant plus considérable que l'amidon, le ligneux, les principes albumineux, etc., sont plus abondants. Nous donnons dans le tableau suivant les produits des principales graines oléagineuses en les supposant de bonne qualité.

La fabrication de toutes les huiles de graines repose sur les deux opérations suivantes : le broyage de la graine et le pressage ou extraction proprement dite. Ces deux opérations se succèdent en s'entremêlant, et pour qu'elles atteignent leur but, on a recours à quelques précautions spéciales dans le détail desquelles nous entrerons bientôt.

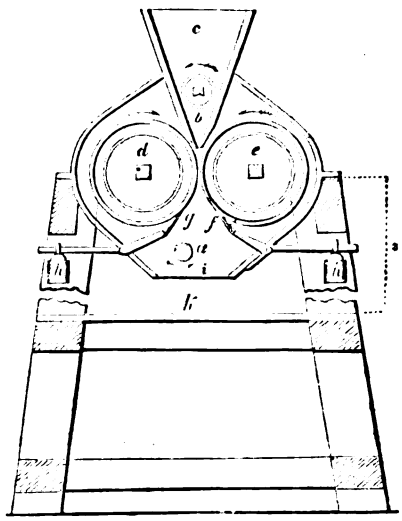
En résumé, le détail des opérations nécessaires pour l'extraction des huiles de graines peut s'établir de la manière suivante :

1° Nettoyage de la graine ;
2° Écrasage et froissage de la graine ;
3° Chauffage de la graine à feu nu ou à la vapeur ;
4° Première pression ;
5° Second écrasage des graines pressées ou *rebat* ;
6° Nouveau chauffage ;
7° Seconde pression.

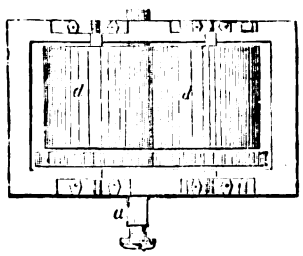
Avant de broyer les graines il est nécessaire de leur faire subir un nettoyage complet en les passant au tarare, afin de chasser tous les corps étrangers qui pourraient s'y trouver.

On emploie plusieurs appareils pour écraser et froisser les grains. Dans le département du Nord on emploie des pilons de bocard mis en mouvement par des moulins à vent. Ce procédé est simple et économique, mais il ne peut être appliqué en grand. Dans les huileries bien montées le broyage de la graine se produit successivement avec deux machines différentes. La première concasse la graine pour l'empêcher de glisser sous les meules qui doivent terminer le broyage.

La machine la plus employée au concassage des graines, se compose de deux cylindres creux *d*, *e*, bien tournés, marchant en sens inverse avec une vitesse égale, et conservant entre eux une distance que l'on peut faire varier à volonté (fig. 1208 et 1209) ; l'un des cylindres reçoit



1208.

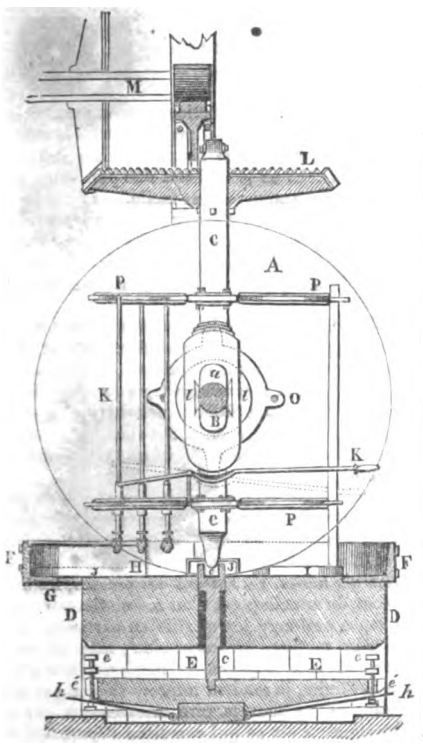


1209.

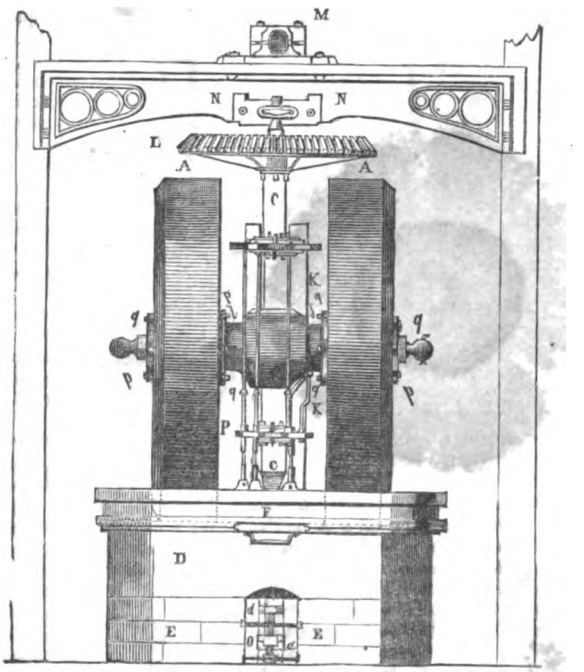
le mouvement du moteur et le transmet à l'autre au moyen d'un engrenage. Une trémie en bois *c*, continuellement pleine de graines, alimente uniformément les cylindres, au moyen d'un petit rouleau cannelé *a*, dont on fixe à volonté la vitesse au moyen d'une poulie à plusieurs gorges. Une machine de ce genre, dont les cylindres ont 0m,60 de longueur, 0m,13 de diamètre et une vitesse de 40 à 50 tours à la minute, broie par jour 40 décalitres de graines, et alimente deux paires de meules ; elle consomme une force motrice de 1 cheval-vapeur.

Digitized by Google

La graine étant concassée on la porte au moulin à meules verticales : cet appareil, représenté en élévation et en coupe par les fig. 1210 et 1211, se compose de 2 meules verticales A, A, montées sur un essieu commun B, passant dans une entaille *a*, pratiquée dans l'arbre vertical C; disposition qui permet aux meules de monter ou de descendre suivant la résistance qu'elles rencontrent. L'arbre C, porte un ramasseur J, que l'on élève ou que



1210.



1211.

l'on abaisse au moyen du levier K, et deux râcloirs H et I, destinés à ramener sous les meules la graine qui s'en écarte : H, est en tôle, I, est en bois. Les deux meules A, A, tournent sur une meule dormante D, fixée sur un massif de maçonnerie et percée à son centre d'un trou qui laisse passer la pièce *p* portant la crapaudine *c* de l'arbre C; cette pièce *p* repose sur un pont O supporté par les vis *e*, *e*, qui servent à l'élever ou à l'abaisser suivant que l'on veut ou non, engrener l'arbre *c*; la meule D est entourée d'un rebord en bois F, encastré dans la meule et qui n'en laisse à nu que la partie sur laquelle tournent les meules verticales. Enfin le mouvement est donné à l'arbre C au moyen d'un engrenage conique L.

Les meules étant en mouvement, on jette, dans l'auge circulaire où elles se meuvent, une charge de graines concassées (de 60 à 80 kil. suivant la graine). L'arbre des meules pouvant se mouvoir dans l'entaille *a*, elles pourront monter ou descendre suivant l'obstacle qu'elles rencontreront, elles agiront alors par leur propre poids, mais comme elles sont cylindriques et qu'elles tournent sur une surface plane, il s'ensuit que dans leur rotation autour de l'arbre, elles doivent glisser : ainsi donc la graine se trouve écrasée par un poids très considérable, et en outre elle se trouve froissée. Ce froissage produit un mouvement de torsion qui la renvoie vers les deux bords. Les râcloirs H et I servent à ramener, le premier la graine refoulée vers le centre, l'autre la graine qui s'écarte vers la circonférence. Pendant toute la marche de l'opération le râcloir J a été soulevé. Lorsque la graine est suffisamment écrasée on abaisse le râcloir J, et on fait écouler la pâte par une ouverture que l'on ferme ensuite au moyen de la vanne G. On relève le râcloir J, et on recharge l'appareil qui fonctionne comme précédemment.

Les meules sont en granit : elles ont de 2^m à $2^m,50$ de diamètre, sur $0^m,40$ à $0^m,45$ d'épaisseur, leur vitesse est de 13 tours à la minute. Une paire de meules pèse de 7 à 8,000 kil., et écrase par jour de 2,500 à 3,000 kil. de graine. Cette machine absorbe une force de 4 chevaux-vapeur.

Lorsque la graine est suffisamment broyée, elle forme une pâte dont l'huile est la partie liquide. Quelquefois on l'extrait de suite en soumettant la pâte à une pression énergique, on obtient alors une *huile vierge* d'un goût agréable, et plus propre à l'apprêt des aliments : mais le rendement est moindre et le travail plus long.

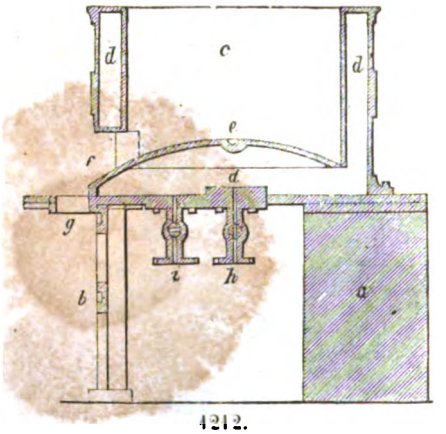
On obtient des résultats différents si la matière pâteuse a été préalablement chauffée dans des appareils nommés *chauffoirs*. Cela se conçoit facilement, car les huiles se trouvent mélangées soit avec de l'albumine, soit avec de la légumine, qui en s'écoulant à froid, donnent un liquide visqueux difficile à épurer. En faisant chauffer, tous ces inconvénients disparaissent, l'albumine est coagulée et l'huile devenant plus fluide s'écoule plus facilement.

Ce chauffage, il est vrai, altère un peu la saveur des huiles, mais cela n'a aucun inconvénient pour celles qui sont destinées à l'éclairage et à la fabrication des savons.

Les appareils que l'on emploie pour le chauffage de

Digitized by Google

la graine sont des vases en fonte ou en cuivre, chauffés à feu nu ou à la vapeur. Le chauffage à feu nu a ici tous les inconvenients qu'il présente lorsqu'il s'applique à des substances altérables par une température peu élevée ; au moyen d'un agitateur on peut, il est vrai, diminuer les chances d'altération : en Allemagne on remédie en partie aux inconvénients que présente le chauffage à feu nu en chauffant la graine au *bain marie;* mais dans les huileries bien montées et qui ont la vapeur pour moteur, il vaut mieux employer le chauffage à la vapeur ; de cette manière on n'a qu'un seul foyer à surveiller, celui du générateur, tandis qu'à feu nu chaque chauffoir a un foyer. La fig. 1212 montre la coupe



1212.

transversale d'un chauffoir à vapeur. L'appareil porte d'un côté sur le massif *a* et de l'autre sur le châssis *b* ; *c*, est une bassine en fonte dont le fond est convexe, et porte à son centre une crapaudine, dans laquelle s'engage le pivot de l'agitateur G (figures 1213 et 1214) ; *d*, enveloppe de la bassine *c* pour la circulation de la vapeur. La bassine et son enveloppe sont fondues d'une seule pièce et fixées sur la plaque T au moyen de boulons. La vapeur est admise dans la double enveloppe par le tuyau *h*, et l'eau de condensation s'écoule par le tuyau *i*.


1213.


1214.

Quand la graine a atteint une température de 50 à 55° C, l'ouvrier retire la double porte *f* (fig. 1215), et reçoit la pâte dans des sacs disposés, pour la recevoir, au-dessous de l'ouverture *g*.


1215.

Lorsque le sac est rempli, il le pose sur une *étreindelle* de crin doublée en cuir, puis il y répartit la graine le plus uniformément possible afin de lui donner une épaisseur égale d'un bout à l'autre ; car si la couche était plus épaisse dans un endroit que dans un autre, la pression se répartirait inégalement, l'huile resterait dans les parties les plus faibles, et dans les parties épaisses le sac serait coupé. Quand l'ouvrier a bien disposé son sac il l'enveloppe dans l'étreindelle et le porte dans l'appareil destiné à extraire l'huile.

Plusieurs systèmes de presses ont été employés ; ce sont *les presses à vis*, *les presses à coins* et *les presses hydrauliques*. Toutes ces presses doivent donner une pression énergique dans le moins de temps possible, sinon le tourteau, formant éponge, retient l'huile.

Les presses à vis ne donnent généralement qu'un effet peu considérable et ne peuvent être employées que dans les petites huileries.

Les presses à coins sont le plus généralement employées, surtout dans les moulins à vent du Nord, mais ces machines produisent un bruit insupportable, ce qui rend impossible leur établissement dans les villes.

Du reste ces appareils sont simples et économiques à établir, ils fonctionnent avec une grande regularite et donnent de bons résultats.

Une bonne presse à coins de *Maudslay* presse deux tourteaux à la fois et produit sur chacun d'eux un effort de 50 à 75,000 kil.

Mais dans un établissement bien monté et à la portée des mécaniciens on doit employer les presses hydrauliques.

Les presses hydrauliques verticales sont avantageuses, car elles produisent une pression considérable, mais elles le sont moins que les presses hydrauliques horizontales qui tout en produisant une pression énergique rendent la manœuvre plus facile.

Récemment on a employé, pour la seconde pression, des presses hydrauliques horizontales à double paroi chauffées par la vapeur. Quelques-unes de ces presses sont doubles, de sorte que quand un plateau serre l'autre desserre.

La première pression opérée on retire le tourteau du sac qui l'enveloppait, on le casse grossièrement, et on le fait passer de nouveau sous les pilons ou sous le moulin à meules verticales ; ce second ecrasage s'appelle *le rebat*. Lorsque la pâte est suffisamment rebattue on élève de nouveau la température dans les chauffoirs ; on la reçoit ensuite dans des sacs et on la soumet à une seconde pression

L'huile qui en provient est moins pure que la première, et en est généralement séparée ; les tourteaux qu'on retire sont durs, secs, solides et ont environ 1 centim. 1/2 d'épaisseur.

Épuration des huiles. En sortant des presses, les huiles entraînent du mucilage et d'autres matières étrangères ; un repos prolongé les clarifie en partie en laissant déposer les matières en suspension ; mais ce repos ne suffit pas, il reste toujours des matières étrangères qui, mêlées à l'huile, la rendent impropre à bien des usages. Ces matières ne peuvent être enlevées que par un moyen chimique ; c'est ce qui constitue *l'épuration des huiles*.

L'épuration des huiles consiste à les battre avec de l'acide sulfurique à 66°, à les agiter avec de l'eau, à les laisser reposer quelques jours, à les décanter et à les filtrer.

On emploie 2 centièmes du poids de l'huile en acide sulfurique. Souvent même on n'emploie que 0,5 p. 100 d'acide, si on chauffe les huiles à 60 ou 70° C. L'huile chauffée se travaille mieux.

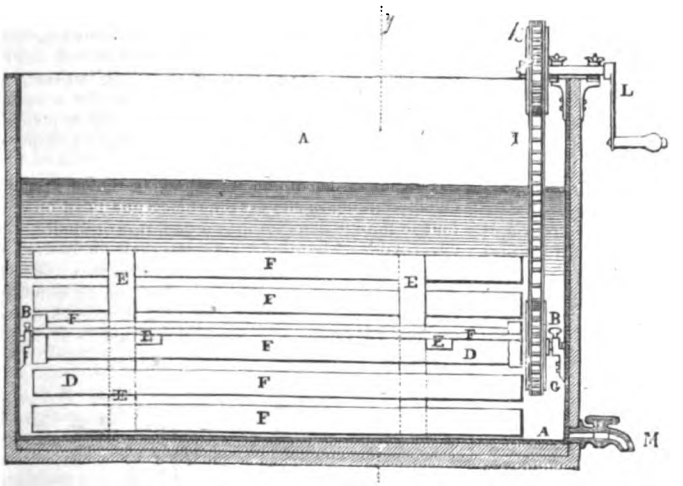
Dans la plupart des fabriques le battage de l'huile se fait avec un *boutoir* formé d'un plateau cylindrique en bois de chêne de 15 centim. de diamètre fixé à un manche de 1m,50. Un ouvrier verse l'acide, l'autre bat le mélange avec son bouloir. Dans d'autres fabriques on a employé un agitateur mécanique composé d'un axe vertical armé de palettes inclinées, pour former des courants de bas en haut, mais dans ces appareils l'huile prend un mouvement horizontal qui fait que ce battage est moins bon que celui opéré à la main.

MM. Grouvelle et Jaunez ont construit un appareil qui donne de bons résultats (fig. 1216).

En voici la description : A, bac à fond cylindrique, doublé en plomb, pouvant contenir de 7 à 8 hectolitres d'huile jusqu'aux 2/3 de sa hauteur totale. Au fond de ce bac est ajusté sur de petits coussinets en cuivre B, tenus par des vis et soudés au plomb, un agitateur horizontal C formé d'un arbre D, avec des tourillons et des pattes en cuivre (car le fer serait attaqué par l'acide sulfurique), armé de quatre palettes en bois E, E, formées de planches espacées F, F, pour briser les courants de

Digitized by Google

l'huile. La hauteur de cet agitateur ne doit pas excéder la moitié de celle du bac, afin que, dans tous les cas, il soit constamment recouvert de liquide; car, s'il le dépassait en partie, son mouvement enlèverait une masse d'huile qu'il projetterait en dehors. Noyé au contraire dans l'huile, quand on lui donne une vitesse de 15 à 20 tours par minute, il y produit des bouillonnements très rapides qui ramènent sans cesse l'huile de bas en haut; la mêlent et l'agitent en tous sens; le battage est si parfait qu'en 25 minutes un enfant peut l'opérer complétement. L'agitateur C est mis en mouvement au moyen des poulies G et K et de la chaine sans fin I.



1216.

On verse lentement l'acide dans l'huile en faisant manœuvrer l'agitateur, on bat ensuite jusqu'à ce que le mélange ait une teinte verte. On laisse reposer environ 24 heures, temps pendant lequel l'acide s'empare de toutes les matières étrangères. On ajoute ensuite un volume d'eau pure, à 45 ou 55° C, égal au 2/3 de celui de l'huile, et on agite de nouveau jusqu'à ce que le mélange ait une apparence laiteuse. Si on a une machine à vapeur on bien des chauffoirs à la vapeur, on pourra employer l'eau de condensation pour cette opération; dans le cas contraire, on a une chaudière qui peut contenir de 40 à 50 litres et qu'on chauffe au moyen du fourneau de l'établissement. Lorsque le mélange est assez battu on le laisse reposer pendant deux ou trois semaines; l'huile s'éclaircit, et un dépôt noirâtre se forme au fond du tonneau. On décante l'huile surnageante au moyen d'un robinet, et on la reçoit dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton.

On pourrait remplacer les mèches de coton par plusieurs dispositions de filtres. Quelquefois on emploie une couche de tourteaux d'œillette en poudre, ou des lits alternatifs de paille et de charbon. M. Grouvelle a employé avec avantage une couche de mousse recouverte d'un lit de tourteau. M. Dubrunfaut s'est servi d'un filtre, dont la matière en couches plus ou moins épaisses était maintenue entre deux treillages en bois. Enfin on a essayé d'employer des pompes, mais elles s'engorgent rapidement. Les huiles épurées par ce procédé perdent de 2 à 5 p. 100 de leur poids.

Le procédé d'épuration que nous venons de décrire est long; de plus, l'huile ainsi épurée retient une forte proportion d'eau, on remédie à ces inconvénients en saturant l'acide par du carbonate de chaux.

On ajoute les 2 p. 100 d'acide sulfurique, comme nous l'avons dit; puis, quand le dépôt s'opère, on ajoute de la craie; le papier de Tournesol indique quand la saturation est complète; on laisse reposer quelques heures et on soutire l'huile dans les filtres.

Au lieu de terminer par une filtration on peut employer le procédé suivant indiqué par M. Dubrunfaut et qui donne de bons résultats.

Dans une futaille de 6 hectolitres, on verse 50 kil. de tourteaux de graine, on bat le mélange et on laisse déposer; après 8 ou 9 jours on soutire 4 hectolitres d'huile parfaitement claire, qu'on remplace par une égale quantité d'huile trouble; 3 jours après on retire 4 hectolitres et on continue ainsi jusqu'à ce que les 50 kil. de tourteaux ne clarifient plus. Ces 50 kil. de tourteau peuvent clarifier 200 hectolitres d'huile.

Une fois épurées les huiles de graines peuvent être livrées à la consommation; lorsqu'on ne peut les débiter de suite, on les conserve dans de vastes citernes en briques bien cimentées.

L'huile bien épurée doit brûler sans noircir ni charbonner la mèche, ni la couvrir de champignons; elle doit être limpide et n'avoir rien perdu de sa viscosité. On reconnaît qu'une huile n'a pas été épurée en y versant de l'acide sulfurique, il s'y forme aussitôt un dépôt noir; dans le cas contraire, le dépôt est blanc.

Emploi des résidus. Les résidus d'huilerie sont : 1° les tourteaux; 2° les fèces épaisses et brunes qui se trouvent entre l'huile claire et l'eau acidulée; 3° les eaux acides provenant de l'opération.

Les tourteaux servent à la nourriture des bestiaux, on les emploie aussi comme engrais; dans ces derniers temps, M. Payen a proposé de les employer pour dénaturer le sel qui doit servir à la nourriture des bestiaux, espérant par ce moyen éviter toute fraude préjudiciable au trésor public.

Dans le nord de la France les *fèces* sont vendues aux savonniers pour en faire du savon mou, on peut aussi les employer pour préparer du gaz d'éclairage, enfin dans quelques fabriques on leur fait subir un traitement spécial pour en retirer l'huile qui s'y trouve.

Les eaux acides servent pour décaper la tôle; *la glycérine* qui s'y trouve fait que l'acide sulfurique dissout l'oxyde de fer sans attaquer le fer.

EXTRACTION DE L'HUILE D'OLIVES. Les olives à leur maturité sont réduites en pâte au moyen d'un moulin composé d'une seule meule verticale; au sortir du moulin, la pâte est mise dans des *cabas* ou *scoufins* et portée sous un pressoir, l'huile que l'on obtient est une *huile vierge* recherchée pour la préparation des aliments. Après cette première pression la pâte contient encore une forte proportion d'huile, on dépresse, on enlève les cabas, on les ouvre et on verse dans chacun une mesure d'eau bouillante; on replace les cabas sous le pressoir que l'on fait fonctionner une seconde fois.

Les tourteaux qui sortent de la deuxième pression contiennent encore une si forte proportion d'huile qu'on les traite dans des ateliers spéciaux appelés *recenses*, là on sépare les noyaux, on recueille les pellicules, on les chauffe et on les presse ensuite.

Quand l'huile est extraite par la première pression

Digitized by Google

on la met dans des *jarres* en grès placées dans des appartements exposés au midi et on l'on maintient une température de 14 à 15° C. Lorsque l'huile est transparente on transvase la partie claire dans d'autres vases et on laisse déposer encore la partie trouble. Lorsqu'on en a de grandes quantités à conserver, on la met dans des fosses bien cimentées que l'on appelle *piles*.

L'huile d'olives est employée comme aliment, elle sert à fabriquer du savon; en médecine, elle entre dans la composition de certains emplâtres, mêlée avec la cire et l'eau elle forme le cérat. Les horlogers s'en servent pour adoucir les frottements.

Le prix élevé de l'huile d'olives fait qu'on la falsifie avec celle d'œillette et quelquefois avec celle de faine, on reconnaît cette fraude au moyen de l'acide hypo-nitrique qui solidifie l'huile d'olives et laisse liquides les autres huiles. On mêle 5 grammes de l'huile à essayer avec 1 centigramme d'acide hypo-nitrique dissous dans 3 centigrammes d'acide nitrique à 35°; si l'huile essayée contient 1/100e d'huile d'œillette la solidification sera retardée de 40 minutes, elle le serait de 90 pour 1/20e d'huile d'œillette. (Boudet, *Annales de chimie et de physique*, LV, 391).

Nous passerons maintenant à l'étude des propriétés principales des autres huiles que l'on rencontre le plus fréquemment dans le commerce.

Huile de navette. Cette huile, non siccative, a une odeur agréable, une couleur jaune et une viscosité assez grande; on l'extrait des semences du *brassica napus*, à 15° sa densité est de 0,9128. Cette huile sert surtout à l'éclairage, à la fabrication des savons verts, dans le foulage des étoffes de laine et la préparation des cuirs.

Huile de colza. Cette huile a les plus grands rapports avec l'huile de navette; elle s'extrait du *brassica campestris* à 15°, sa densité est de 0,9136, elle est employée aux mêmes usages que la précédente.

Huile de moutarde. Cette huile s'extrait de la graine de moutarde (sinapis alba et nigra). Elle est inodore, épaisse, d'une saveur douce et ambrée à 15°; la densité de l'huile de graine de moutarde noire est de 0,9170. Cette huile donne un savon très solide. On commence maintenant à l'employer aux mêmes usages que les précédentes.

Huile d'œillette ou de pavot. Siccative, d'une saveur douce rappelant celle de la noisette, sans odeur, d'une couleur jaune pâle. Pesanteur spécifique 0,9243.

Huile de lin. Siccative, couleur jaune clair, si elle a été exprimée à froid, et jaune-brun si elle l'a été à chaud; d'une odeur forte et d'une saveur désagréable. Densité, 0,9347. Cette huile rancit très facilement; on s'en sert pour la préparation des vernis gras, des couleurs à l'huile, de l'encre d'imprimerie, dans l'éclairage et la médecine, etc.

Huile de chenevis. Siccative, jaune-verdâtre à l'état frais et jaunissant avec le temps; odeur fade, saveur assez agréable quand elle a été préparée avec soin. Densité, 0,9276. On s'en sert en peinture, dans la fabrication des savons noirs, etc., etc.

HUILES ESSENTIELLES.

Presque toutes les huiles essentielles sont âcres, caustiques, sans viscosité, et, généralement, plus légères que l'eau. Plusieurs sont colorées, les unes en jaune, d'autres en vert, d'autres en bleu. Quoique douées d'une forte odeur elles n'entrent pas en ébullition si facilement que l'eau.

Sous le rapport de la composition elles se divisent en deux classes : 1° celles qui renferment de l'oxygène, de l'hydrogène et du carbone; 2° celles qui ne contiennent que ces deux derniers éléments.

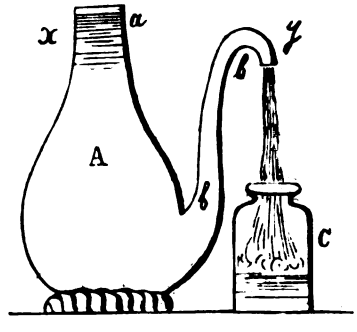
Si on en verse une certaine quantité dans une capsule, et qu'on en approche un corps en combustion, elles s'enflamment promptement et répandent une fumée noire et épaisse.

Introduites sous une cloche avec de l'oxygène elles en absorbent une certaine proportion. Quelques-unes s'épaississent tellement qu'elles se solidifient. Elles sont insolubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool, et d'autant plus, qu'elles sont plus oxygénées. Enfin les huiles essentielles se combinent avec les huiles fixes, dissolvent les résines, le camphre et même le caoutchouc.

Les huiles essentielles se trouvent dans tous les végétaux aromatiques, ce sont les huiles qui leur communiquent l'odeur qu'ils exhalent : elles se trouvent répandues dans toutes les parties des végétaux.

Presque toutes les huiles essentielles peuvent s'obtenir par la distillation; on l'exécute en distillant de l'eau dans un alambic, et en mettant avec l'eau la plante qui contient l'huile essentielle. Ici ce liquide sert à maintenir la température constante et à empêcher la plante de brûler, de plus il favorise la vaporisation de l'huile essentielle.

Suivant sa densité on emploie deux moyens pour recueillir l'huile. Si elle est plus dense que l'eau on reçoit tout le liquide dans un flacon de forme ordinaire, l'eau déverse par les bords et l'huile se réunit au fond. Si elle est plus légère que l'eau il faut donner au vase une forme telle que l'huile reste dans le vase en même temps que l'eau s'écoule. On emploie pour cela le *récipient florentin* (fig. 1217) qui se compose d'un vase A de la base



1217.

duquel part un tube recourbé en syphon *b*. L'huile forme toujours à la surface une couche *a* et l'eau s'écoule par le tuyau *b* aussitôt que le niveau est arrivé en *xy*. On extrait ensuite l'huile en versant le liquide dans un entonnoir effilé qui ne laisse couler que l'eau.

On peut encore se procurer certaines huiles essentielles par la pression, mais ce procédé n'est praticable que sur les zestes dont la partie charnue de quelques plantes est enveloppée.

Certaines huiles essentielles sont employées comme aromates dans la fabrication des savons de toilette, d'autres pour dissoudre des résines, d'autres en médecine, d'autres pour enlever les taches.

Nous examinerons succinctement les principales huiles essentielles.

Huile essentielle de térébenthine. Cette essence se retire, par la distillation, de la térébenthine que fournissent les arbres résineux et surtout le *pinus maritima*.

Celle du commerce est toujours colorée en jaune; elle contient toujours une résine qui vient de l'action de l'air sur l'huile. Pour la purifier on la redistille avec de l'eau et on l'agite ensuite avec du chlorure de calcium.

Purifiée, l'essence de térébenthine est incolore d'une

Digitized by Google

odeur forte et désagréable. Sa densité à 22°,5 est de 0,86.

L'essence de térébenthine est employée en médecine et dans la préparation des vernis.

Huile essentielle de citron. Cette essence s'extrait par pression de l'écorce du citron (*citrus medica*). On prend des citrons bien frais et bien murs, on en râpe l'écorce, et on la soumet à la presse. L'huile volatile se sépare : on la garde en repos pendant quelque temps, ensuite on la décante et on la conserve dans des vases fermés.

Pour l'avoir très pure on est forcé de la distiller. L'huile distillée est incolore et a une pesanteur spécifique de 0,847.

Cette essence s'emploie principalement pour la toilette et pour enlever les taches d'huiles grasses de dessus le linge et toutes sortes d'étoffes.

Essence de rose. L'essence de rose est incolore, plus légère que l'eau, solide à la température ordinaire, se liquéfie entre 29 et 30°. Elle s'extrait, par la distillation, des pétales de la rose muscate (*rosa sempervirens*) et vient du Levant dans de très petits flacons; on l'emploie comme cosmétique. Respirée en grande quantité, cette huile blesse l'odorat.

Essence de bergamotte. Cette essence est jaune, plus légère que l'eau, ne se congèle qu'à plusieurs degrés sous zéro; s'extrait ordinairement par la pression de l'écorce de bergamotte (*citrus limetta bergamotta*). Pour cela on choisit des bergamottes bien saines et bien mûres; on en râpe l'écorce et on la soumet ensuite à la presse. L'huile qui s'écoule est reçue dans des vases, où on la laisse en repos quelques jours; puis, on la décante et on l'enferme dans des vases fermés; on la distille ensuite, pour l'avoir tout à fait pure. On l'emploie en médecine et comme cosmétique.

Huile essentielle d'anis. L'huile d'anis est extraite par distillation des graines d'anis (*anisum pimpinella*); elle est blanche ou faiblement jaunâtre ; sa densité est de 0,287; elle est soluble dans l'alcool absolu ; on l'emploie en médecine et dans l'économie domestique. Dans ces derniers temps on a vendu de l'huile d'anis falsifiée. Le mélange était composé, d'après M. Dubail, d'essence d'anis, d'essence de savon et d'alcool.

Essence de lavande. Elle s'obtient par la distillation des fleurs de lavande (*lavandula spica*). On l'emploie en médecine et dans la parfumerie. Rectifiée par une nouvelle distillation, elle donne un produit qui a une densité de 0,877.

Huile volatile de fleurs d'oranger. Liquide d'un jaune orangé, plus léger que l'eau; se retire des fleurs d'oranger (*citrus aurantium*). On l'emploie en médecine et comme cosmétique. Elle est composée de deux huiles, l'une concrète, l'autre liquide à la température ordinaire. (*Annales de chimie et de physique*. XL, 83).

Essence de girofle. L'essence de girofle employée comme assaisonnement, comme parfum, et en médecine, se retire des clous de girofle. Celle du commerce est jaune-orange et impure; distillée, elle devient incolore ; sa densité = 1,061. L'essence de girofle forme avec les bases de véritables combinaisons cristallisables.

Essence de jasmin. Cette huile d'une odeur très fugace ne peut s'obtenir et se conserver qu'au moyen du procédé suivant : au fond d'une boîte en fer-blanc on étend un drap de laine blanche imprégné d'huile d'olive; on le recouvre d'un lit de fleurs récentes de jasmin (*jasminum officinale*). Sur ces fleurs on étend un deuxième drap que l'on recouvre d'une deuxième couche de fleurs et ainsi de suite jusqu'à ce que la boîte en soit remplie, et on comprime le tout au moyen d'un couvercle. Au bout de vingt-quatre heures on retire les fleurs, on les remplace par de nouvelles que l'on dispose de la même manière, et qu'on renouvelle jusqu'à ce que l'huile fixe soit bien chargée d'odeur. Alors on met les morceaux de drap dans l'alcool, on les exprime bien et on distille au bain-marie ce mélange d'alcool et d'huile odorante; l'alcool se volatilise et se rend dans le récipient chargé de vapeurs de jasmin; il prend chez les parfumeurs le nom d'*essence de jasmin*.

Huile volatile de l'eau-de-vie de pommes de terre. C'est à cette huile que les eaux-de-vie de pommes de terre doivent l'odeur et la saveur désagréables qu'on leur connaît. Elle se trouve renfermée dans la partie tégumentaire de la fécule et passe à la distillation avec les vapeurs d'alcool; elle s'en sépare à mesure qu'on le rectifie. Cette huile parfaitement pure est limpide, incolore, d'une odeur nauséabonde. (*Annales de chimie et de physique*, LVI, 314). A. CURTEL.

HYDRACIDES. Acides non oxygénés, dans lesquels l'hydrogène joue le rôle d'élément électro-positif. Les principaux, sont les acides hydro-chlorique, hydrobromique, hydriodique, hydro-fluorique et l'hydrogène sulfuré, dont nous nous occuperons dans autant d'articles distincts.

HYDRATES. Combinaisons des oxydes métalliques, avec une quantité d'eau déterminée.

HYDRATÉS. Se dit des acides, oxydes et sels qui renferment de l'eau de combinaison en proportions définies.

HYDRAULIQUE. L'hydraulique comprend l'étude des phénomènes que présentent les fluides en mouvement et des moyens d'en tirer un parti utile. Nous ne parlerons ici que des fluides incompressibles, tels que l'eau, auxquels on donne quelquefois le nom de liquides. Cette étude se divisera en quatre parties, savoir : des lois de l'écoulement de l'eau contenu dans un réservoir ; des eaux courantes ; de l'emploi de l'eau comme moteur ; et enfin, des machines à élever l'eau.

I. DES LOIS DE L'ÉCOULEMENT DE L'EAU CONTENUE DANS UN RÉSERVOIR.

Supposons d'abord que le réservoir soit constamment plein d'eau.

L'ouverture par laquelle l'eau s'écoule est tantôt entièrement recouverte par le fluide et prend alors le nom d'*orifice*, tantôt elle n'est pas limitée à sa partie supérieure et constitue un *déversoir*. On dit qu'un orifice est en *mince paroi*, lorsqu'il est pratiqué dans une paroi dont l'épaisseur est au-dessus de la moitié de sa plus faible dimension; d'autres fois, il est garni d'un *ajutage*, court tuyau, tantôt *cylindrique*, le plus souvent *conique et convergent*, et rarement *divergent*. La distance verticale du fluide, dans le réservoir, au centre de gravité de l'orifice, est ce qu'on nomme la *charge d'eau* sur l'orifice à laquelle est dû l'écoulement.

Soit H, la charge d'eau sur l'orifice,

V, la vitesse moyenne de l'eau,

Et $g = 9,8088$, la vitesse acquise par les corps graves, soumis à l'action de la pesanteur, à la fin de la première seconde de leur chute,

Dans le cas d'un orifice en mince paroi, on aura :

$$V = \sqrt{2gH}$$

C'est-à-dire que les vitesses sont proportionnelles aux racines carrées des charges ;

Soit Q la dépense d'eau par seconde,

m, un coefficient constant,

S, la surface de l'orifice,

On aura :

$$Q = mVS = mS\sqrt{2gH}.$$

m étant égal à 0,62 dans les orifices en mince paroi. Ce qui donne :

$$Q = 2,75\,S\sqrt{H}.$$

Dans les orifices munis d'un ajutage cylindrique, d'une longueur égale à trois ou quatre fois au moins la plus faible dimension de l'orifice, et où l'écoulement se

Digitized by Google

fait à *gueule-bée*, c'est-à-dire à plein tuyau, la vitesse d'écoulement est :

$$V = 0{,}82\sqrt{2gH}.$$

Et la dépense :

$$Q = 0{,}825\sqrt{2gH} = 3{,}62\,S\sqrt{H}.$$

Les ajutages coniques et convergents employés dans les usines, et dont l'angle est de 10 à 12°, diminuent très peu la dépense et la vitesse effective, qui sont environ les 0,98 de la dépense et de la vitesse théorique.

Les ajutages coniques et divergents peu employés, peuvent donner une dépense double des orifices en mince paroi.

Lorsque la charge sur le centre de l'orifice est très faible, par rapport à la hauteur de cet orifice, la vitesse moyenne d'écoulement est un peu plus faible que celle donnée par les formules ci-dessus.

Si, à la partie supérieure d'une des parois d'un bassin, on pratique une échancrure rectangulaire dont la base soit horizontale, l'eau du bassin, qu'on suppose toujours entretenu constamment plein, sortira en se déversant sous forme de nappe par dessus cette base ou *seuil*, ce qui a fait donner le nom de *déversoir* à une telle ouverture.

Soit H la charge d'eau sur le seuil,
l, la largeur du déversoir,
L, la largeur d'un bassin,
Q, la dépense par le déversoir,
Pour l plus petit que 1/3 L, on aura :

$$Q = 1{,}77\,lH\sqrt{H}.$$

Pour $l = L$, ce qui est le cas d'un barrage proprement dit :

$$Q = 1{,}96\,LH\sqrt{H}.$$

Et pour des valeurs de l intermédiaires, le coefficient de l'expression de Q variera de 1,77 à 1,96.

Passons maintenant au cas où le réservoir se vide.

Les problèmes qui se rapportent à ce cas se résolvent facilement à l'aide des données précédentes et du théorème suivant : le volume d'eau sorti par un orifice quelconque d'un vase prismatique, qui se vide jusqu'à ce qu'il le soit entièrement, n'est que la moitié de celui qu'on aurait eu, pendant le temps que le vase a mis à se vider, si l'écoulement s'était effectué constamment sous la charge primitive.

Si donc l'on connaît cette charge et la section horizontale du bassin supposé prismatique, on pourra aisément déterminer le temps que le bassin mettra à se vider, en traduisant le théorème précédent par une équation.

On trouvera de même le temps que le niveau mettra à baisser d'une quantité donnée, en prenant la différence des temps qu'il mettrait à se vider étant au niveau primitif, et à un niveau inférieur de l'abaissement donné.

En transformant l'équation qui donnera le temps que le niveau met à baisser d'une quantité donnée, on pourra en tirer l'expression du volume d'eau écoulée dans un temps donné.

Enfin, il nous reste à envisager l'écoulement lorsque le fluide passe d'un réservoir dans un autre, disposé de manière à ce que l'orifice de communication soit en totalité noyé.

Lorsque les niveaux seront constants dans chacun des deux réservoirs, ce qui arrive, par exemple, lorsqu'un bief de canal fournit l'eau au bief immédiatement inférieur, par un pertuis placé au-dessous du niveau de ce dernier, on adoptera pour la dépense d'eau les formules données plus haut pour l'écoulement à l'air libre, en prenant pour H la différence du niveau de l'eau dans les deux réservoirs.

Lorsque le niveau est constant dans le réservoir supérieur et variable dans l'autre, ou réciproquement, ce qui est le cas des sas d'écluses, par rapport aux biefs supérieur et inférieur, on pourra déterminer le temps qu'il faudra pour remplir ou pour vider le sas d'écluse, par les calculs indiqués plus haut dans le cas d'un réservoir qui se vide à l'air libre, en y remplaçant la section horizontale du réservoir par celle du sas, et la charge d'eau par la différence entre le niveau primitif de l'eau dans le sas et son niveau dans le bief supérieur ou inférieur.

II. DES EAUX COURANTES.

DES CANAUX. Les canaux diffèrent des rivières en ce qu'ils ont un lit régulier, ayant partout même pente et même profil.

La vitesse moyenne de l'eau y est, à très peu près, les 8/10es de celle à la surface.

Soit : p, la pente de la surface liquide, que l'on détermine par un nivellement à la surface.

c, le périmètre mouillé de la section $= l + 2h$ pour un canal rectangulaire, et $l + 2h\sqrt{l^2+1}$ pour un canal trapèze : l étant le talus à donner aux berges et qui est déterminé par la nature du terrain.

s, l'aire de cette section $= lh$ pour un canal rectangulaire, et $(l + lh)\,h$ pour un canal trapèze.

Le rapport $\frac{s}{c}$ de l'aire au périmètre mouillé de la section $= n$,

v, la vitesse moyenne du courant,
Q, la dépense,
On aura entre ces quantités, les relations
$Q = vs$; et $np = 0{,}00036554\,(v^2 + 0{,}0664v)$ qui, résolue par rapport à v, donne $v = \sqrt{2736np} - 0{,}033$.

Équations qui, étant données toutes les quantités qu'elles renferment, une exceptée, serviront à déterminer cette dernière.

Pour les canaux rectangulaires, *aqueducs* et *coursiers*, il convient de leur donner des dimensions telles, que la largeur soit à peu près double de la profondeur de l'eau, c'est-à-dire que $l = 2h$; d'où $c = 4h$, $s = 2h^2$ et $n = h/2$; h sera donné, en fonction de la dépense, par la formule $Q = vs$, qui devient ici $Q = 2vh$, la vitesse v étant une donnée arbitraire qui dépend de la pente et de la nature du canal.

Dans le cas d'un canal trapèze, soit m le rapport de la largeur au fond l, à la profondeur h, $l = mh$ et $s = h^2(m + l)$, équations qui permettent de déterminer l et h, m étant donné.

La valeur de l, doit être de 1/2 (1 de base sur 2 de hauteur), pour les talus en pierres seches, 1 pour ceux en terres franches, et 2 pour les sables en terres coulantes.

L'aire s se détermine en divisant la dépense du canal par la vitesse moyenne que l'eau doit y prendre. Cette vitesse moyenne doit être telle que la vitesse au fond, qui en est, à très peu près, les 3/4, soit assez faible pour ne pas dégrader les parois du canal. Le tableau suivant indique les limites supérieures de la vitesse que l'eau peut prendre au fond des canaux, selon leur nature, sans les dégrader.

Nature du fond.	Limite de la vitesse.
Terres détrempées.	0m,076
Argiles tendres.	0m,152
Sables.	0m,305
Graviers.	0m,609
Cailloux.	0m,614
Pierres cassées, silex.	1m,220
Cailloux agglomérés, schistes tendres.	1m,520
Roches en couches.	1m,830
Roches dures.	3m,050

La vitesse au fond, et par suite la vitesse moyenne, étant ainsi prises arbitrairement et inférieures aux li-

Digitized by Google

mites maximum que nous venons d'indiquer, on en déduit, au moyen des formules précédentes, la forme à donner au canal, puis ses dimensions en fonction de la quantité d'eau qu'il doit débiter.

Dans les grandes vitesses, celles de 1m et au-dessus, on remplace la valeur de Q que nous avons donnée, par la suivante :

$$Q = 51\, s \sqrt{n\, p}.$$

Prise d'eau des canaux.

Les canaux, à l'exception des canaux de navigation à point de partage, prennent leurs eaux dans des réservoirs, bassins ou retenues, placés à leur tête, et qui sont le plus souvent des portions de rivière dont le niveau est élevé à cet effet par un barrage.

La tête du canal, au point de prise, est ou entièrement ouverte, ou bien elle est garnie d'un vannage.

Canal libre à son entrée. L'eau, à son entrée dans un canal ouvert, forme une chute : son niveau baisse jusqu'à une certaine distance, puis il se relève un peu, par de légères ondulations, au-delà desquelles la surface fluide prend et conserve une forme à peu près plane et parallèle au fond du lit, sa pente et son profil étant toujours censés constants. La vitesse s'accélère depuis le haut jusqu'au bas de la chute; elle diminue ensuite, pendant le relèvement de la surface, et bientôt après le mouvement se continue d'une manière sensiblement uniforme.

Soit H, la hauteur de l'eau dans le réservoir au-dessus du seuil de l'entrée du canal; h, la profondeur constante du courant après que le mouvement y est devenu uniforme; et v, la vitesse de ce mouvement; soit en outre D, la différence de niveau entre la surface de l'eau dans le réservoir et à l'extrémité du canal, et L, la longueur de ce dernier; on aura .

$$H - h = 0{,}06225\, v^2; \quad -p\, L = D - (H - h);$$

$$v = \sqrt{2736\, n\, p} - 0{,}033; \text{ et } Q = s\, v;$$

Au moyen de ces équations on pourra déterminer la dépense, la pente ou une des dimensions du canal, les autres quantités étant connues.

La plupart du temps, les prises d'eau ont pour but d'utiliser celle-ci comme moteur; or la force qu'a un courant pour mouvoir des machines dépend non seulement de la quantité d'eau qu'il mène, mais encore de la hauteur dont elle peut tomber, c'est à-dire de la différence de niveau entre la surface de la retenue à l'extrémité du canal, et le point de la rivière où cette eau peut lui être rendue en aval de l'usine : cette force est mesurée par le produit de la quantité d'eau par la hauteur de la chute. Plus on donnera de pente au canal, et plus on augmentera la quantité d'eau, un des facteurs du produit; mais, en même temps, on diminuera l'autre facteur, la chute; et il arrivera que le produit, après avoir d'abord augmenté avec la pente, diminuera ensuite, lorsqu'elle continuera à augmenter : il y a donc un maximum de force qu'il importe de déterminer, ce qu'on fera par tâtonnement, en déterminant chacun des facteurs du produit et par suite ce dernier, pour une série de pentes croissant, par exemple, par milliemes, et s'arrêtant aussitôt qu'il commence à diminuer.

Canal avec vannage. Lorsqu'un canal reçoit l'eau par l'ouverture d'un vannage établi à sa tête, ce qui est le cas de presque tous les coursiers des usines, et que sa charge sur le centre de l'orifice est forte et dépasse deux ou trois fois la hauteur de cet orifice, son bord supérieur n'est pas recouvert par l'eau de l'aval, et la dépense est donnée par la formule :

$$Q = 3{,}1\, l\, h\, \sqrt{H}$$

H, étant la charge sur l'orifice, l et h, la largeur et l'ouverture de la vanne.

Il suffira alors de donner au coursier une pente telle que l'eau débitée puisse s'écouler, ce que l'on calculera aisément par les formules que nous avons indiquées en parlant du mouvement de l'eau dans les canaux.

Si l'eau s'élève en aval de la vanne à une hauteur notable au dessus du bord supérieur de l'orifice, la charge d'eau H de l'équation ci-dessus, sera égale à la différence du niveau de l'eau en amont et en aval de la vanne.

DES RIVIÈRES. Nous n'entrerons pas ici dans le détail du régime des rivières, des effets des remous, de l'affouillement des berges et du fond en aval des ponts et des barrages, dont il sera parlé dans des articles séparés : nous ne parlerons ici que du jaugeage des cours d'eau.

Indiquons d'abord le moyen de déterminer la vitesse d'un cours d'eau.

Le procédé le plus simple consiste dans l'emploi d'un flotteur qui, placé sur l'eau, en prend la vitesse. On se sert ordinairement de morceaux de bois ou autres corps d'une densité presque égale à celle de l'eau, et l'on compte le nombre de secondes qu'ils emploient à parcourir une distance préalablement mesurée. On les place sur le plus fort du courant, et assez en amont du point où commence l'observation, pour qu'en y arrivant ils aient déjà acquis la vitesse du fluide dans lequel ils sont plongés. La vitesse moyenne du cours d'eau sera approximativement les 0,8 de la vitesse ainsi observée.

On se sert très fréquemment du *moulinet de Woltmann* qui présente un arbre tournant, communiquant par un pas de vis avec un COMPTEUR (voir ce mot), et qui porte quatre petites ailes disposées comme celles d'un moulin à vent. Le courant les fait tourner, et du nombre de révolutions N, faites en un certain temps T, lequel est indiqué par l'instrument même, on conclut directement la vitesse $v = a\frac{N}{T}$ a étant un coefficient constant pour un même moulinet, et que l'on détermine en faisant parcourir au moulinet un certain espace dans une eau stagnante, dans un bassin, par exemple, et divisant l'espace parcouru par le nombre de tours de l'arbre.

Pour jauger les grandes rivières, on y prend une station en un point quelconque, on mesure l'aire de la section transversale, ainsi que la vitesse moyenne de cette section, et on multiplie ces deux quantités l'une par l'autre : à cet effet, transversalement à la rivière, à la station choisie, on jette plusieurs sondes : elles divisent la section en trapezes, et on calcule l'aire de chacun d'eux. Puis, à peu près à égale distance entre les points de tendage, on conduit et fixe successivement un bateau d'où, avec un moulinet de Woltmann, on détermine plusieurs vitesses sur la même verticale; on en prend la moyenne, et on la multiplie par l'aire du trapèze respectif. La somme de tous ces produits donne la dépense de la rivière.

Dans le cas des petits cours d'eau, ceux par exemple qui ne mènent que de 1 à 2 mètres cubes d'eau par seconde, on pratique un barrage dans le cours d'eau, par dessus lequel l'eau tombe en déversoir soit sur toute la largeur du barrage, soit une largeur inférieure; puis mesurant la charge d'eau sur le seuil, la largeur du déversoir l, et celle du barrage L, on calculera la dépense par la formule

$$Q = 1{,}77\, l H\, \sqrt{H}$$

lorsque l sera plus grand que 0m,09 et moindre que 1/3 L, et que l H plus faible que la cinquième partie de la section du courant immédiatement en amont du réservoir.

Lorsque l sera égal à L, et que H sera plus grand que 0m,06 et plus faible que le quart de la profon-

Digitized by Google

deur du courant derrière la digue, on emploiera la formule

$$Q = 1{,}96\,L\,H\,\sqrt{H}$$

Lorsque H sera supérieur au quart de la profondeur d'eau, on emploiera la formule

$$Q = 1{,}92\,L\,H\,\sqrt{H + 0{,}115\,w^2}$$

w étant la vitesse de la surface du courant à son arrivée au déversoir, que l'on détermine par expérience, ordinairement au moyen d'un flotteur.

La vitesse d'une rivière est faible lorsqu'elle se trouve au-dessous de 0m,50, elle est ordinaire de 0m60 à 1m, grande au-delà, et fort grande si elle dépasse 2m. La vitesse de la Seine, aux environs de Paris, est de 0m,60 à 0m,65, celle du Rhône et du Rhin de 2m environ.

Un cours d'eau prend déjà place parmi les rivières lorsque, dans son état ordinaire, il mène de 10 à 12 mètres cubes d'eau par seconde. De 30 à 40, c'est ordinairement une rivière navigable; à 100 mètres et au-dessus, c'est un fleuve : ainsi, la Seine, à Paris, sur une largeur moyenne de 130 mètres et une profondeur moyenne de 1m,50, mène environ 130 mètres cubes d'eau; la Garonne, à Toulouse, en a 150, dans son état ordinaire; le Rhône plus de 600, à Lyon; et le Rhin 950 à Strasbourg, et 1700 à Nimègue, avant sa jonction avec la Meuse.

DU MOUVEMENT DE L'EAU DANS LES TUYAUX DE CONDUITE. Prenons d'abord le cas d'une conduite simple : si nous désignons par H la charge de la conduite ou la hauteur verticale entre l'orifice de sortie et la surface du fluide dans le réservoir; D, étant le diamètre de la conduite; L, sa longueur; et Q le débit par seconde, on aura :

$$(1)\quad Q = 24{,}22\sqrt{\frac{HD^5}{L}} - 0{,}0216\,D^2$$

Qui, pour les vitesses supérieures à 0m,60 se réduira avec une approximation suffisante, à

$$(2)\quad Q = 20{,}3\sqrt{\frac{HD^5}{L}}$$

Très souvent on donne la dépense et la charge d'eau et on demande le diamètre que doit avoir la conduite.

On détermine d'abord D par la formule (2) qui donne

$$D = 0{,}298\sqrt[5]{\frac{LQ^2}{H}}$$

et qui suffit pour les vitesses au-dessus de 0m,60. Lorsque la vitesse $\frac{4Q}{\pi D^2}$ est moindre, la valeur de D ainsi trouvée sera un peu trop faible; on l'augmentera graduellement, en la substituant chaque fois dans la valeur (1) de Q jusqu'à ce que l'on arrive à une valeur du second membre supérieure à celle du débit à avoir.

Nous avons admis dans ce qui précède que les conduites étaient entièrement ouvertes à leur extrémité; mais, presque toujours, elles sont terminées par des bouches d'eau, des robinets, ou des ajutages qui en rétrécissent l'ouverture. Dans ce cas, pour des vitesses au-dessus de 0m,50, ce qui est le cas le plus ordinaire, on a :

$$Q = 20{,}73\sqrt{\frac{HD^5}{L + 35{,}47\,\frac{D^5}{m^2d^4}}}$$

$$\text{et } D = 0{,}298\sqrt[5]{\frac{LQ^2}{H - 0{,}0826\,\frac{Q^2}{md^4}}}$$

d étant le diamètre de l'ajutage à son orifice de sortie, et m le coefficient de contraction qui le concerne.

Supposons maintenant qu'il s'agisse de l'établissement d'un système de conduites d'eau, destiné, par exemple, à l'alimentation d'une ville, cas dans lequel on emploie généralement une maîtresse conduite alimentant dans sa longueur, par divers branchements, autant d'écoulements d'un volume déterminé. On tracera d'abord un plan de la conduite et de ses branchements, on multipliera par 3/2 le volume de chaque dépense d'eau, afin de subvenir aux obstructions, coudes et autres résistances accidentelles, puis, prenant une conduite d'un diamètre donné, on calculera les *pertes de charges* partielles occasionnées par le transport successif des volumes que chaque portion de la conduite doit débiter. On ajoutera toutes ces pertes pour avoir la perte totale, jusqu'au dernier orifice, et on s'assurera si la charge restante est suffisante pour assurer l'écoulement du volume d'eau à débiter par cet orifice; on arrivera ainsi à déterminer par tâtonnement d'abord le diamètre de la conduite principale, puis celui de ses embranchements : la perte de charge est la différence entre H et la *charge effective* ou la hauteur $\frac{v^2}{2g}$, à laquelle serait due la vitesse à l'extrémité de la partie de la conduite que l'on considère, et est représentée par l'expression $H - \frac{v^2}{2g} = H - \frac{2Q^2}{g\pi D^4}$. On abrége ces calculs en se servant de tables qui donnent cette valeur par mètre courant et d'après le diamètre de la conduite et son débit. Ces tables se retrouvent dans les traités d'hydraulique, l'aide mémoire de A. Morin, etc...

Souvent, lorsqu'on a une charge motrice suffisante, l'économie engage à rétrécir le diamètre des conduites, à mesure que le volume d'eau qu'elles doivent débiter diminue. Il faut alors s'assurer, par le calcul des portions de charges consommées par chaque partie de la conduite, que l'eau s'élèverait, à l'emplacement de chaque orifice, à une hauteur suffisante pour assurer l'écoulement, avec le volume demandé.

Les coudes ou changements de direction doivent toujours être formés de parties arrondies; on peut alors négliger les pertes de charge qui en proviennent et qui sont fort peu de chose par rapport à celles que produit le frottement.

Dans l'établissement des conduites d'eau, M. D'Aubuisson recommande en outre : 1° au lieu d'une seule conduite ou file de tuyaux, menant un certain volume d'eau, d'en établir deux, l'une à côté de l'autre, et dont chacune mène la moitié de ce volume, disposition qui augmente, il est vrai, d'environ 25 à 30 p. 100 les frais de premier établissement, mais qui présente le grand avantage d'assurer, en tout temps, la continuité du versement sur tous les points principaux; 2° de faire aboutir de part et d'autre ces doubles conduites à un tambour en fonte, ou petite cuve de distribution, d'où partent ensuite les divers branchements; 3° enfin, de placer les conduites principales dans des galeries souterraines, ce qui rend leur inspection et leur réparation très facile; quant aux conduites secondaires, on se contente de les enterrer à 1m environ au-dessous du pavé des rues.

On place ordinairement, aux points culminants des conduites, des soupapes à flotteur, afin de donner issue à l'air qui se rassemble en ces points : les bornes-fontaines qu'on établit sur les points culminants des rues à double pente, à l'effet d'en laver les deux versants, remplissent également très bien l'office d'évents.

Aux parties basses des conduites et au sommet des angles rentrants, on adapte de *gros robinets de décharge*, que l'on ouvre de temps à autre pour nettoyer les tuyaux, en y faisant passer le plus d'eau possible.

L'entrée de toutes les conduites, à partir des réservoirs ou des cuves, ainsi que celles des branchements, doivent être munies d'un robinet destiné à refuser ou à

Digitized by Google

livrer à volonté passage à l'eau ; pour les tuyaux d'un diamètre supérieur à $0^m,10$, on se sert de *robinets-vannes*, dont l'ouverture se ferme, à l'aide d'une pelle convenablement disposée et qu'on lève ou baisse à l'aide d'une vis. Au-dessous de $0^m,10$, on a des *robinets à tournant*.

Dans les diverses formules que nous avons indiquées les longueurs étant toutes rapportées au mètre, la dépense Q est exprimée en mètres cubes, par seconde, si on veut l'avoir en *pouces d'eau* des fontainiers, unité indépendante du temps qui équivaut à un débit de 20 mètres cubes d'eau par 24 heures, il faudra la multiplier par 4320.

Jets d'eau.

Les orifices en mince paroi sont ceux qui portent les jets à la plus grande hauteur, et leur donnent la forme la plus unie : en les examinant sortir, on croit souvent voir un barreau du cristal le plus diaphane : aussi emploie-t-on de préférence ces orifices lorsqu'on n'a en vue que l'élévation et la beauté du jet. Les ajutages coniques donnent aussi des jets unis et transparents, mais dont la hauteur n'est plus que 0,8 à 0,9 de celle des précédents. Enfin, les ajutages cylindriques donnent des jets troubles dès la sortie, et qui n'ont que les 2/3 de la hauteur qu'on aurait eue, sous la même charge, par un orifice en mince paroi.

Soit h la charge effective, h' la hauteur du jet avec un orifice en mince paroi, cette dernière sera donnée par la formule $h' = h - 0{,}04\ h^2$.

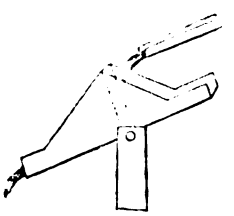
III. DE L'EAU EMPLOYÉE COMME MOTEUR.

Les machines mues par l'eau sont dites *machines hydrauliques* ; on peut les diviser en deux classes : les unes, telles que la *machine de Schemnitz*, la *balance d'eau*, le *bélier hydraulique* et la *machine à colonne d'eau*, qui sont douées d'un *mouvement alternatif*, et les autres, telles que les *roues hydrauliques*, en y comprenant les *turbines* et les *roues à réaction*, qui possèdent un *mouvement de rotation* continu.

MACHINES HYDRAULIQUES A MOUVEMENT ALTERNATIF.

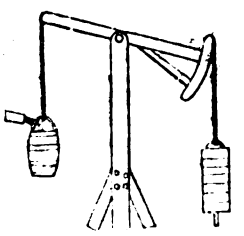
MACHINE DE SCHEMNITZ. Voyez FONTAINE DE HÉRON.

BALANCE D'EAU. Cette machine dans laquelle l'eau agit par son poids de la manière la plus simple possible, est encore souvent employée avec avantage, comme nous l'avons dit dans l'article que nous lui avons consacré. La plus simple fig. 1218, consiste en un déversoir mobile en son milieu autour d'un axe et divisé en deux par une cloison : l'eau tombe successivement dans chaque compartiment jusqu'à ce que son poids l'entraîne et le fasse basculer ; on a ainsi un mouvement de rotation alternatif.



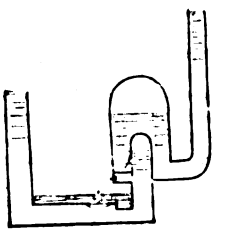
1218.

Il vaut mieux, pour obtenir ce mouvement, employer la disposition représentée fig. 1219 : lorsqu'une des caisses renferme une quantité d'eau suffisante, elle descend en vertu de l'excès de son poids, et la soupape s'ouvrant de bas en haut placée à son fond venant à buter contre un obstacle, s'ouvre et donne écoulement au liquide qu'elle renferme ; pendant ce temps, la caisse placée à l'autre extrémité du balancier est remontée ; un arrêt placé sur la bielle qui la porte a soulevé la vanne de fond du réservoir d'alimentation correspondant, de sorte que cette caisse se remplit à mesure que l'autre se vide.



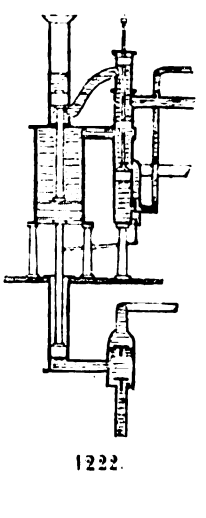
1220.

Enfin, lorsqu'il s'agit de faire mouvoir des pompes, on emploie quelquefois la disposition représentée fig. 1220 ; il n'y a qu'une seule caisse, que remonte un contrepoids placé à la partie supérieure de la tige des pompes.



1221,

BÉLIER HYDRAULIQUE. Cette ingénieuse machine qui fut inventée à la fin du siècle dernier par le célèbre Mongolfier, se compose (fig. 1221), indépendamment du réservoir alimentaire, d'un tuyau ou *corps de bélier*, qui porte l'eau à la partie opérante de la machine ; cette partie, ou *tête du bélier*, consiste en un court tuyau, droit ou coudé, muni à sa partie supérieure, ainsi qu'à son extrémité, de deux soupapes ordinaires ou à boulet, dites, la première *soupape d'arrêt*, la seconde *soupape d'ascension* ; cette extrémité entre dans une cloche remplie d'air à sa partie supérieure, et dont la partie inférieure, occupée par l'eau, reçoit le *tuyau d'ascension*. La soupape d'ascension étant fermée, l'eau arrivera du réservoir avec une vitesse croissante, sortira d'abord par la soupape d'arrêt, la fermera bientôt, puis heurtant, avec la force vive quelle aura acquise, contre la soupape d'ascension, elle l'ouvrira, pénétrera dans le réservoir d'air, y comprimera l'air, et fera monter l'eau dans le tuyau d'ascension ; bientôt le ressort de l'air comprimé et le poids de l'eau du tuyau d'ascension auront absorbé en partie la force vive acquise par l'eau, et lui imprimeront un mouvement en sens inverse, la soupape d'ascension se fermera, puis, par suite du mouvement rétrograde de l'eau, il se formera un vide sous la soupape d'arrêt qui s'ouvrira, et ainsi de suite. Une soupape atmosphérique, s'ouvrant de dehors en dedans et placée sous la soupape d'aspiration, sert à renouveler l'air du réservoir d'air qui se dissout peu à peu et est entraîné par l'eau.



1222.

MACHINE A COLONNE D'EAU. Ce genre de machine (fig. 1222) consiste en un cylindre ou gros corps de pompe, dans lequel se meut un piston poussé par le poids d'une haute colonne d'eau contenue dans un tuyau montant. On adapte à la tige de ce piston un tirant ou un balancier, qui met ordinairement des pompes en mouvement ; rarement on transforme le mouvement de va et vient en un mouvement de rotation, au moyen d'un mécanisme convenable. Les machines hydrauliques sont à simple ou à double effet ; les premières sont les plus fréquemment employées. La

Digitized by Google

machine règle elle-même son alimentation au moyen de régulateurs à pistons, ou de robinets qui sont mis en mouvement par la tige du gros piston de la machine. Nous entrerons dans les détails circonstanciés qu'exige cette intéressante machine, dans un article particulier.

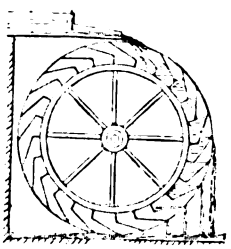
ROUES HYDRAULIQUES. Les roues hydrauliques se divisent en deux grandes classes : les roues verticales à axe horizontal et les roues horizontales à axe vertical ; nous allons jeter un coup d'œil rapide sur chacune de ces séries.

Roues verticales.

Ces roues comprennent les roues à augets, les roues à palettes planes, se mouvant dans un coursier ou dans un fluide indéfini, et les roues à aubes courbes.

ROUES A AUGETS. Ces roues sont les plus économiques et celles qui rendent le plus d'effet utile. Aussi sont-elles fréquemment employées, et doivent-elles généralement l'être, de préférence à toute autre roue pour des chutes comprises entre 3 et 12^m. On les divise en deux classes suivant qu'elles reçoivent l'eau au sommet ou au-dessous.

Roues recevant l'eau au sommet. Ces roues dites *roues en dessus* sont en fonte ou le plus souvent en bois. Elles consistent (fig. 1223) en un *arbre tournant* relié par des *bras* à une *couronne* munie d'un fond et de cloisons brisées qui forment les *augets*. Les joues latérales de la couronne sont en bois ou en fonte, le fond est souvent en tôle ainsi que les augets. La profondeur des augets est généralement de 0^m,30 et leur distance, mesurée sur la circonférence de la roue de 0,32 quel que soit le diamètre de la roue ; du reste le nombre des augets à employer par rapport au nombre des augets est donné par le tableau suivant :



1223.

Diamètre en mètres.	Nombre des augets.
3.	24
4.	36
5.	44
6.	56
8.	76
10.	96
12.	108

Pour tracer les augets, on marque sur les joues les rayons correspondants aux augets et dont l'écartement est donné par le tableau précédent, et on trace la circonférence moyenne située à égale distance des deux cercles qui limitent la couronne : les parties des rayons qui seront comprises entre cette circonférence moyenne et la circonférence intérieure de la couronne forment les *fonds des augets ;* on achève le profil de ces derniers en joignant les extrémités des rayons, qui se trouvent à la circonférence moyenne, avec chacun des points de division de la circonférence extérieure qui correspondent aux rayons précédents. Lorsque les augets doivent être en tôle on leur donne la forme d'un arc de cercle normal à la circonférence intérieure et tangent à la circonférence extérieure.

Dans les roues en dessus on doit distinguer deux cas : celui où le niveau est à peu près constant, et celui où il présente d'assez grandes variations.

Dans le premier cas, à 1 ou 2 décimètres en contre bas du niveau, on établit le coursier, auquel on donne une largeur à peu près égale à celle de la roue. A son origine il est évasé de manière à éviter la contraction ; et, à l'extrémité de l'évasement, on établit une vanne qui sert à régler l'écoulement de l'eau. Au-delà le coursier se dirige en ligne droite vers la roue, avec une pente de 1/10^e environ : il passe à quelques centimètres seulement au-dessus de son sommet : il se continue encore sur une longueur telle que la lame qu'il mène tombe librement dans le deuxième ou troisième auget à partir du sommet, et en se rétrécissant graduellement, de manière à ce que sa largeur, à l'extrémité, soit d'un centimètre environ plus petite que celle des augets.

Si le niveau du réservoir est variable, on adapte au fond de ce dernier un coursier fermé par le haut, dont la face supérieure est inclinée, et qui se termine par une buse pyramidale, dont l'axe est dirigé de telle sorte que l'eau vienne frapper normalement le fond de l'auget qui se trouve en face et qui est ordinairement le troisième à partir du sommet. La largeur de l'orifice de la buse doit être de 0^m,05 environ plus faible que celle des augets et sa hauteur au plus de 0^m,10.

Afin que l'eau contenue dans les augets ne se verse pas trop tôt, on donne à ceux-ci des dimensions telles, qu'en passant sous la lame d'eau ils ne se remplissent qu'au tiers : soit alors Q le volume d'eau sortant du coursier par seconde ; M, le nombre d'augets de la roue ; N, le nombre de tours qu'elle fait par minute ; S, la section transversale des augets, et l la largeur entre les deux joues, on aura :

$$l = 180 \frac{Q}{MNS}.$$

Si on donne aux augets la profondeur et l'équidistance que nous avons indiquée, la valeur de l deviendra :

$$l = 270 \frac{Q}{ND}.$$

D, étant le diamètre de la roue.

N, est ordinairement déterminé par la condition que la vitesse à la circonférence soit de 1^m à 2^m,50 par seconde.

Dans les roues à augets qui mettent en mouvement les marteaux des grosses forges, les chocs ne permettant guère d'employer des engrenages, on est obligé de faire faire à ces roues trente à quarante tours par minute, et de leur imprimer des vitesses à la circonférence de 4 à 5^m, ce qui exige des charges d'eau de 1^m à 1^m,20 au moins. En outre, comme le jeu des marteaux est intermittent, on emmagasine l'eau, pendant l'intermittence, dans un réservoir établi un peu en amont, qui livre alors, dans le temps du travail, une force double et même plus de celle du courant naturel ; il en résulte que souvent son niveau s'abaisse de 1 à 2^m, du commencement à la fin de chaque période de travail. De là vient qu'en plusieurs endroits on voit des roues de 2^m de diamètre avec des chutes de 4^m.

Roues recevant l'eau au-dessous du sommet. Les roues en dessus tournent en sens inverse du courant dans le canal de fuite, de sorte que si une cause accidentelle vient à y faire refouler les eaux, il en résultera une résistance notable. On évitera cet inconvénient en changeant le sens des augets et en versant l'eau motrice sur le derrière de la roue, de sorte que celle-ci se mouvant dans le même sens que le courant de fuite, peut y plonger de quelques décimètres sans qu'il en résulte une perte de force sensible. En outre, comme ces roues dites *roues par derrière*, recevant l'eau en dessous du sommet, mais au-dessus de leur axe, reçoivent souvent un diamètre supérieur à celui de la chute, ce qui est avantageux dans certains cas pour les chutes de 2^{m}50 à 8^m.

Dans ces roues, l'eau est ordinairement versée dans les augets, ou immédiatement par le coursier d'amenée, qui est alors ouvert à son extrémité, ou par une buse analogue à celle dont nous avons déjà parlé plus haut.

Lorsque ces roues peuvent être construites et entretenues avec beaucoup de soin, comme le sont les grandes

Digitized by Google

roues en fonte et tôle, on donne aussi l'eau en la laissant déverser tranquillement sur un seuil établi immédiatement au-dessus des augets. La pelle régulatrice au lieu de se lever comme dans les vannages ordinaires, se baisse, et d'autant plus qu'on veut fournir plus d'eau. Lorsqu'elle est baissée, son bord supérieur constitue le seuil du déversoir ; après l'avoir dépassée, l'eau tombe dans une sorte de râtelier ou système d'entonnoirs, qui la dirigent dans les augets, et, à cet effet, on dispose les grandes palettes de ceux-ci, de manière à ce qu'en arrivant vis-à-vis des cloisons du râtelier elles soient dans leur direction, laquelle est généralement verticale.

Le calcul des dimensions de ces roues se fait exactement comme celui des roues précédentes.

La force d'un courant moteur est égale au produit, par la hauteur de chute, de la dépense par seconde, ou à Q H, expression qu'on transformera en chevaux-vapeur, Q étant exprimé en mètres cubes et H en mètres, en la multipliant par 13 1/3. Ce sera la force motrice : soit E, l'effet utile, c'est-à-dire la partie de la force motrice réellement employée par la machine, on aura $E = m Q H$, m étant un coefficient inférieur à l'unité et variable avec chaque genre de machine.

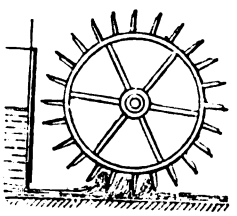
De cette équation on tirera

$$Q = \frac{E}{m H}$$

qui donnera la dépense d'eau, et par suite la largeur à donner à une roue hydraulique qui doit produire un effet donné : le diamètre et les autres dimensions de la roue étant déterminés par sa nature et la disposition des lieux :

Pour les roues en dessus *ordinaires*.	$m = 0{,}75$
Pour les roues en dessus à grandes vitesses, telles que les roues de marteaux de forges.	$m = 0{,}35$ à $0{,}55$
Pour les roues de derrière. . .	$m = 0{,}70$

Roues à aubes planes contenues dans un coursier rectiligne. Ces roues encore très usitées à cause de leur simplicité, consistent (figure 1224) en un arbre tournant, assemblé par des bras ou rayons à deux, ou même trois jantes ou cercles, suivant la largeur de la roue ; sur ces jantes sont implantées de fortes chevilles en bois sur lesquelles on cloue ou on boulonne les aubes ; enfin on ferme souvent une partie de l'intervalle d'une aube à l'autre par des contre-aubes ou planches fixées à plat contre les jantes.



1224.

L'eau motrice est menée à la roue par un coursier, dont les parois touchent presque les aubes, ne laissant que le jeu nécessaire au mouvement ; elle est fournie au coursier par un vannage, dont la pelle se lève à une plus ou moins grande hauteur selon que l'on veut en donner plus ou moins.

Tandis que dans les roues à augets l'eau agit seulement par son poids, ici elle agit seulement par son choc, et, par conséquent, il y a une vitesse de la roue par rapport à celle due à la charge d'eau, qui donne un effet utile maximum ; on admet que l'effet utile $E = 0{,}25 Q H$, pour ce maximum, qui a lieu lorsque la vitesse du centre des aubes est les 0,45 de celle de l'eau qui vient les choquer.

Au lieu d'avoir un vannage à angle droit, comme l'indique la figure, il vaut mieux l'incliner autant que possible, afin de diminuer les effets dus à la contraction.

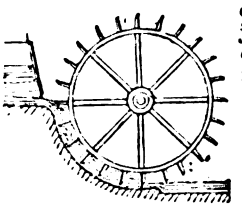
Immédiatement après la vanne, le coursier se dirige, avec une légère inclinaison, vers la roue, il passe dessous, et il se continue en ligne droite. Sa largeur se détermine par le volume d'eau qu'il doit conduire : l'épaisseur de la lame fluide doit être comprise entre 0m,15 et 0m,25. Afin de diminuer la perte d'eau qui a lieu entre les parois du coursier et le bord des aubes, on ne donne à cet intervalle que 0m,01 à 0m,02.

Maintenant, on ne fait plus guère de coursiers rectilignes. Leur fond ou *radier* arrive au niveau du bord inférieur de la deuxième aube en amont du diamètre vertical ; là, il se courbe concentriquement à la roue jusqu'à l'aplomb de ce diamètre ; puis il baisse subitement de 0m,10 au moins, et se poursuit ensuite avec une pente convenable. Sa largeur, immédiatement avant d'arriver aux aubes, est un peu plus faible que la leur ; elle augmente ensuite et vient embrasser les aubes au-delà du diamètre vertical. Par ces dispositions, il n'y a pas de perte d'eau latéralement en amont des aubes et on facilite son dégagement à l'aval.

La hauteur des aubes doit être environ le triple de l'épaisseur de la lame d'eau dans le coursier, sans toutefois dépasser 0m,65 ; si cela ne peut avoir lieu, on emploie des contre-aubes. La distance d'une aube à l'autre, mesurée sur la circonférence extérieure de la roue, est un peu moindre que leur hauteur : leur nombre dépend donc du diamètre de la roue, qui, lui-même est déterminé le plus ordinairement, de telle sorte que la transmission du mouvement à la partie de la machine qui opère le travail utile et qui doit en conséquence avoir une certaine vitesse, s'effectue avec le moins d'engrenages et d'intermédiaires possibles, si toutefois on ne peut se dispenser d'en employer. Lorsque l'on désire seulement avoir le maximum d'effet utile, il faut que les aubes aient une vitesse qui soit les 0,45 de celle de l'eau dans le coursier, ce qui donne pour le diamètre de la roue $\frac{32}{N}\sqrt{H}$; H, étant la charge d'eau sur le centre de l'aube verticale, et N, le nombre de tours que la roue fait par minute.

Des roues de cette espèce en bon état donnent un effet utile de 0,25.

Roues emboîtées dans un coursier circulaire ou *roues de côté*. Ces roues (fig. 1225) ne diffèrent des précédentes qu'en ce que le coursier circulaire embrasse la roue sur la presque totalité de la chute. Il y a presque toujours des contre-aubes. On dispose le vannage de manière à ce que l'eau arrive aussi normalement que possible sur les palettes qu'elle choque. Lorsqu'on le peut, il est préférable d'y faire tomber l'eau en la faisant simplement déverser par-dessus un seuil établi au sommet du coursier. L'eau agit par son poids et son choc à la fois.



1225.

L'effet utile de ces roues est de 0,40 à 0,50, quand elles reçoivent l'eau par un vannage, et 0,50 à 0,60 environ, quand elles la reçoivent en déversoir.

Roue à aubes emboîtée dans un coursier annulaire, de M. Mary. Cette roue, que M. Mary vient de faire établir aux bassins de Chaillot, est montée sur un axe horizontal ; elle est formée d'aubes ou palettes elliptiques adaptées à la circonférence d'un cylindre de 0m,12 d'épaisseur et de 2m,28 de rayon, accompagné de deux disques annulaires ou plans de 0m,30 de largeur, perpendiculaires à l'axe et fixés au moyeu par six bras renforcés de nervures et masqués par des feuilles de tôle. On sépare les eaux d'amont de celles d'aval, au moyen de deux plaques de fonte en partie noyées dans

Digitized by Google

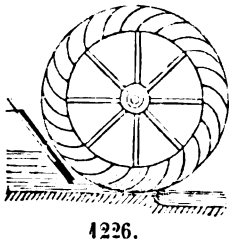
la maçonnerie, et qui forment, dans la partie inférieure, les lèvres d'un coursier annulaire en ciment romain, calibré avec les palettes elles-mêmes, qui s'y emboîtent ainsi très exactement. Ce coursier se prolonge au-delà du plan vertical mené par l'axe de la roue d'une longueur à peu près égale à la moitié de l'intervalle entre deux aubes ; du côté d'amont, il s'évase en entonnoir pour faciliter l'entrée de l'eau qui en couvre ainsi l'orifice et y pénètre, comme elle le ferait dans une conduite placée au fond d'un réservoir. Il résulte de cette disposition que l'eau de la retenue agit sur les palettes par son poids comme elle agirait sur le piston d'un cylindre. Avec des vitesses à la circonférence de 1m à 1m,30, cette roue a donné un effet utile de 0,75 à 0.80.

Pour diminuer la résistance de l'eau sur les aubes, elles sont taillées en forme de proue par dessous, et en forme de proue par dessus.

Les difficultés et les frais qu'entraîne l'établissement des roues de ce genre, en restreindront considérablement l'emploi, quoiqu'elles donnent des résultats très satisfaisants.

Les diverses roues à aubes planes dont nous venons de nous occuper ne sont guère employées que pour des chutes de 2m,50 et au-dessous.

Roues à aubes courbes. Ces roues, dues à M. Poncelet, sont accompagnées d'un vannage incliné à un de base sur un ou deux de hauteur, et emboîtées dans leur partie inférieure par une portion très courte de coursier circulaire et par les bajoyers du canal de fuite. L'eau arrivant à leur partie inférieure monte sans choc le long des aubes, en vertu de la différence entre leur vitesse propre et celle due à la charge d'eau, jusqu'à ce que son mouvement soit détruit par l'action continue de la pesanteur, qui la fait ensuite redescendre et se dégorger dans le canal de fuite (figure 1226). L'effet utile maximum correspond évidemment au cas où elle quittera les aubes avec une vitesse relative égale à la leur, c'est-à-dire avec une vitesse absolue nulle ; cela a lieu pour une vitesse des aubes égale à la moitié de celle due à la charge d'eau : l'effet utile est alors de 0,50 à 0,60.



1226.

Avec ces données, l'établissement de ces roues n'offrira aucune difficulté en remarquant que le nombre des aubes sera double de celui que nous avons indiqué pour les roues à aubes planes, et que leur hauteur, mesurée sur un rayon, devra toujours être au-dessus du quart de la chute effective : on lui en donnera le tiers dans les chutes de 1m,40, et la moitié, dans celles qui sont au-dessous.

Roues se mouvant dans un fluide indéfini. Ces roues dites *roues pendantes*, sont surtout employées dans les *moulins à nef*, ou moulins sur bateaux, que l'on amarre au milieu des rivières. Le diamètre de ces roues est de 4 à 5m ; on donne aux aubes le quart ou cinquième du rayon de la roue, et une largeur de 2 à 3m ; elles sont le plus souvent planes et dirigées suivant les rayons ; en les inclinant un peu, on augmente leur effet. Dans des roues pendantes, bien établies, l'effet utile est de 0,30 à 0,32 (voyez BATEAU A VAPEUR) et même plus.

Roues horizontales.

Depuis longtemps on emploie dans le midi de la France des roues horizontales dans les moulins. Ces roues ont l'avantage de réduire ceux-ci à leur plus simple expression : le même arbre qui porte la roue à sa partie inférieure, porte la meule mobile à sa partie supérieure. Cet arbre tourne sur pivot dans une crapaudine enchâssée au milieu d'un *palier* que l'on élève ou baisse à volonté suivant que l'on veut augmenter ou diminuer l'intervalle entre la meule tournante et la meule gisante. Ces roues ont été depuis perfectionnées par MM. Burdin, Fourneyron, etc., et ont donné les turbines.

Roues mues par le choc d'une veine isolée. Ces roues sont très communes dans les pays de montagnes où elles portent le nom de *roues à trompe* ou *à cannelle*, parce que l'eau est lancée sur les aubes, soit par une *trompe* ou buse pyramidale peu inclinée, soit par une *cannelle* ou auge inclinée de 20 à 45°. Elles ont de faibles dimensions, de 1m,60 environ de diamètre et 0m,20 de hauteur ; les aubes ou *cuillères* n'ont que 0m,40 de longueur dans le sens du rayon, et sont concaves et à surface gauche du côté où elles reçoivent l'eau, qui n'agit guère sur elles que par le choc, dû à une vitesse acquise de 7 à 8m et même plus : avec une vitesse de 110 tours par minute, l'effet utile de ces roues est de 0,30 à 0,31.

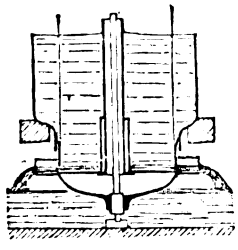
Roues placées dans une cuve. Les roues à cannelle sont principalement employées pour de petits cours d'eau et de grandes chutes ; mais, sur les rivières où l'on a beaucoup d'eau et peu de chute, on emploie des roues à cuve. Celles-ci n'ont d'ordinaire que 1m de diamètre et 0m,20 de hauteur, elles portent neuf aubes en bois ayant à peu près la même forme que celles des roues à trompe. La cuve a généralement 1m,02 de diamètre et 2m de profondeur ; la roue y est placée presqu'au fond. On ménage dans la maçonnerie, au-dessus du niveau de la roue, une entaille dont l'une des parois est tangente à la paroi intérieure de la cuve, et qui n'a plus que 0m,22 de large lorsqu'elle y débouche : cette entaille sert de coursier d'amenée.

L'eau motrice, après avoir passé sous la vanne qui est à l'entrée du coursier, se porte, avec rapidité, sur la partie adjacente de la paroi cylindrique de la cuve ; elle s'y applique, s'y élève d'abord fortement ; puis, en en suivant le pourtour et en tournoyant ainsi, elle descend et atteint les aubes sur lesquelles elle agit par son impulsion et par son poids, et qu'elle entraîne dans son tournoiement.

Dans ces roues une grande partie de l'eau passe, en vertu de la force centrifuge, entre la cuve et la roue, dans l'intervalle que nécessite le jeu de la machine, aussi ne rendent-elles que 0,10 à 0.16 d'effet utile.

Actuellement on place la roue immédiatement au-dessous de la cuve, en lui donnant un diamètre un peu supérieur, de sorte que presque toute l'eau motrice arrive sur les aubes. Quoiqu'elle y agisse après avoir perdu une partie de sa vitesse, cette disposition double presque l'effet utile, qui atteint 0,20 et 0,25.

1227.





1228.

Turbine Fourneyron. Dans la turbine dont il s'agit (fig. 1227 et 1228), l'auteur, au lieu de mettre, comme aux moulins à cuve, la roue dans un cylindre, l'a placée en dehors. Pareille à un anneau, elle en entoure la partie inférieure, en laissant un faible jeu pour le mouvement : cette partie est munie de cloisons directrices fixes qui dirigent l'eau sur les aubes courbes de la roue, dont l'axe traverse le cylindre

Digitized by Google

alimentaire dans un fourreau placé à son centre. On peut admettre que l'effet utile de ces turbines est de 0,60 et même quelquefois plus. Elles conviennent particulièrement à de fortes chutes, ou à des chutes au-dessous de 3m avec un grand volume d'eau ; elles fonctionnent aussi bien quand elles sont noyées que quand elles ne le sont pas.

On calcule le diamètre du cylindre par la formule

$$D = \sqrt{\frac{5,5\,Q}{V}}$$

Q étant le volume d'eau à dépenser par seconde et V la vitesse due à la charge d'eau, le diamètre intérieur de la roue est d'environ 0m,04 plus grand, et le diamètre extérieur les 4/3 du précédent ; la hauteur de la roue se calcule d'après cela de telle sorte qu'elle puisse débiter la quantité d'eau qu'elle reçoit. Lorsque cette quantité d'eau diminue, M. Fourneyron diminue l'ouverture des cloisons directrices par un vannage vertical ; mais, comme l'a fait remarquer M. Combes dans un travail remarquable sur les roues à réaction, présenté à l'Institut, ce vannage est peu convenable, parce qu'il devrait en même temps diminuer la hauteur des aubes de la roue.

M. Combes et quelques autres ingénieurs ont supprimé le cylindre supérieur et font arriver l'eau en dessous, disposition qui simplifie les turbines, et peut être employée avec avantage dans beaucoup de cas.

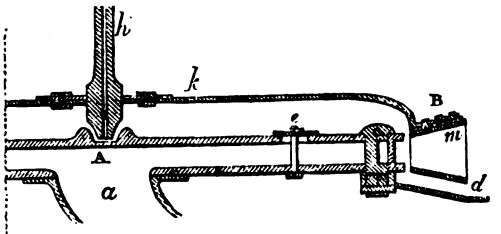
Ces deux modifications résument les changements principaux apportés par divers constructeurs aux turbines. Dans ces diverses turbines l'eau agit par sa surface centrifuge.

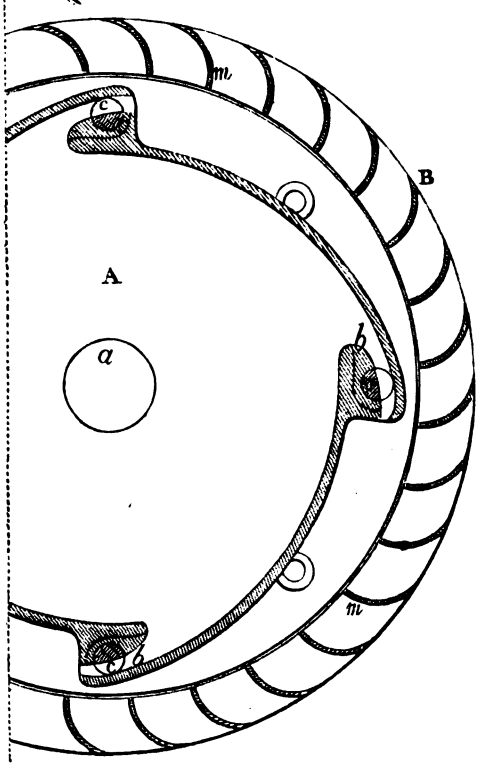
La *turbine Kœchlin* est une turbine à aubes hélicoïdales et analogues aux propulseurs à hélices (voyez BATEAU A VAPEUR), à directrices verticales : selon l'auteur elle peut être disposée en un point quelconque de la chute, la pression sur l'une des faces des aubes et l'aspiration qui se produit sur l'autre face s'ajoutant pour produire un effet utile constant ; cette assertion peut être sensiblement exacte dans des limites très rapprochées, mais nous nous permettrons de douter qu'on puisse l'adopter telle que l'auteur la présente.

La *turbine Passot* est, non plus une turbine, mais une roue à réaction dans laquelle l'eau arrive par l'extérieur et s'écoule par le centre, disposition fautive, puisque la force centrifuge vient détruire une partie de la vitesse du courant, d'autant plus grande que la vitesse de rotation est plus considérable ; aussi, une expertise très soignée faite dernièrement sur ces turbines, n'a donné pour maximum d'effet utile que 0,25, ce qui doit en faire rejeter l'emploi. Ces turbines ont du reste un vannage très convenable fondé sur le principe posé par M. Combes.

Turbine Thomas. Pour de très fortes chutes, les turbines ordinaires se réduisent à des dimensions tellement exiguës et tournent avec une vitesse si considérable, qu'il en résulte une perte de force notable par les engrenages qu'il faut employer. M. Thomas, ingénieur des mines hessois, a imaginé, dans ce cas, d'employer des turbines dans lesquelles l'eau arrive en dessous, et qui ne reçoivent l'eau que sur un ou plusieurs points de leur circonférence ; ce qui permet d'augmenter considérablement leur diamètre et de leur faire prendre une faible vitesse. Ainsi la turbine représentée fig. 1229 et 1230, et établie à Veckerhagen par ce constructeur, a 1,20 de diamètre, et fait 160 tours par minute sous une chute de 20m ; on ouvre 1, 2, 3 ou 4 des ajutages qui amènent l'eau sur les aubes, selon que l'effort à surmonter est plus ou moins considérable, et de cette manière l'effet utile ne change pas notablement pour des dépenses d'eau variables du simple au quadruple. Il diminue, au contraire, très rapidement, si on ouvre un ou plusieurs nouveaux ajutages sans augmenter la quantité d'eau alimentaire. Dans les figures 1229 et 1230, l'eau arrive par le canal *a*, dans le tambour fixe en fonte A, d'où elle sort par les ajutages *b*, garnis de robinets *c*, que l'on manœuvre au moyen des tiges *d*, et vient frapper les aubes *m*, de la roue B, qui est portée par quatre bras *k*, montés sur l'arbre *h*, tournant dans la crapaudine *f*, venue à la fonte avec la partie supérieure du tambour A. *e*, est une ouverture formée par une plaque qui sert à nettoyer l'intérieur du tambour. L'expérience a montré à M. Thomas qu'il était convenable d'évaser les aubes.

1229.





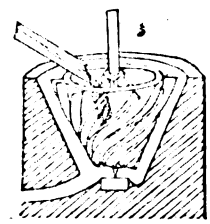
1230.

Roues à couloirs. M. Burdin a aussi, antérieurement aux turbines précitées, construit des roues horizontales à aubes courbes ; il a aussi composé ses machines de deux parties, l'une fixe et l'autre mobile ; mais au lieu de les placer concentriquement l'une à l'autre, il a mis la seconde au-dessus de la première, en leur donnant à chacune la moitié de la chute totale (voyez *Annales des Mines*, 2e série, 1828, et 3e série, tome III, 1833).

Nous citerons encore la roue à couloirs sur noyau conique, dite *roue à poire* (fig. 1231). Cette roue est

Digitized by Google

une espèce de tambour ayant la figure d'un cône renversé et qui tourne dans une cuve de maçonnerie faite exprès. Les aubes sont appliquées obliquement sur la surface du tambour où elles forment des portions de spirale. Ces aubes ainsi disposées obligent la roue à tourner avec une extrême vitesse.

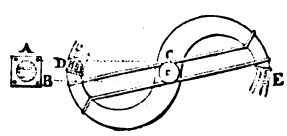


1231.

Il vaudrait mieux entourer les aubes de cette roue d'une enveloppe concentrique à la surface du noyau, on aurait alors une véritable *danaïde*.

Généralement les *danaïdes* consistent en une cuve à cloisons intérieures, ordinairement planes et verticales, contre lesquelles arrive l'eau sous une faible inclinaison et tangentiellement à la surface intérieure de la cuve. M. Manoury d'Ectot paraît en être l'inventeur ; mais sa machine n'a jamais été exécutée en grand. Il n'en est pas de même de la danaïde de M. Burdin (voir *Annales des Mines* de 1836). Enfin, M. Combes, en reprenant cette question dans le mémoire déjà cité sur les roues à réaction, a établi les relations entre les dimensions qu'il convenait de leur donner pour obtenir le maximum d'effet utile

Roues à réaction. Quoique la plupart des turbines et autres roues soient de véritables roues à réaction, nous ne donnerons ce nom qu'aux machines entièrement mobiles, dans lesquelles l'eau qui y est contenue et qui en sort avec un certain effort dû à la hauteur de chute, réagit sur les parties de la machine opposées aux orifices de sortie, en y exerçant un effort égal ou précédent et de sens contraire, par suite duquel elle contraint ces parties au recul, et donne ainsi lieu au mouvement de rotation. Parmi ces machines, nous ne citerons que celle de Segner, modifiée d'abord par Euler, puis par M. Manoury d'Ectot, ainsi qu'on le voit (fig. 1232). Elle se compose de deux tubes ou plus, renflés dans le milieu, qui sont courbés en ω, et qui sont assemblés et maintenus par des barres de fer. L'eau motrice leur est amenée par un gros tuyau vertical, qui se recourbe horizontalement en B, passe sous le volant, se relève verticalement, et vient aboutir au centre commun C. Il paraîtrait, d'après les essais faits à la pompe à feu de Chaillot, où M. Lefort a établi une roue de ce genre, qu'il suffit d'une simple garniture en étoupes pour tenir étanche la jonction de la partie immobile, le tuyau B, avec la partie mobile, le volant.



1232.

IV. MACHINES A ÉLEVER L'EAU.

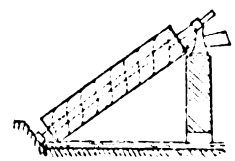
Nous ne parlerons ici que des plus usitées.

POMPES. Voyez ce mot.

VIS D'ARCHIMÈDE. Si sur la surface d'un cylindre en bois on trace une hélice à plusieurs circonvolutions ou *spires*, et que, dans une rainure entaillée suivant cette courbe on implante de petites planches jointives de même hauteur, et si ensuite on revêt le tout d'une enveloppe cylindrique en douves, on aura une *vis d'Archimède*. L'enveloppe est dite *canon*, les planches formant le filet de vis sont les *marches*, et le cylindre plein, le *noyau;* l'espace compris entre le canon, les marches et le noyau, forme un canal hélicoïde.

Dans les vis ordinaires, on a sur le même noyau 3 filets équidistants et par conséquent 3 canaux. Le diamètre intérieur du canon varie de 0m,33 à 0m,66; celui du noyau en est le tiers; et la longueur de la vis est de 12 à 18 fois le diamètre, selon qu'il est plus ou moins fort. L'angle d'inclinaison de l'hélice sur l'axe est ordinairement de 55 à 60°.

A l'extrémité supérieure de l'axe (fig. 1233) est une manivelle, et à l'extrémité inférieure, un pivot, qui se meut dans une crapaudine enchassée dans un des petits côtés du châssis servant de support à la machine. Si on établit celle-ci sur une masse d'eau, en lui donnant une inclinaison moindre que celle de l'hélice sur l'axe, et ordinairement comprise entre 30 et 45°, et qu'on lui imprime un mouvement de rotation dans un sens contraire à celui des hélices, l'orifice inférieur des canaux, en passant dans l'eau, en puisera une certaine quantité, qui s'élèvera de spire en spire et viendra sortir par l'orifice supérieur.



1233.

La simplicité de la vis, le peu d'espace qu'elle occupe, la facilité avec laquelle on la transporte et on l'établit, celle avec laquelle on peut en installer plusieurs presque sur le même point, la font généralement employer à l'épuisement des eaux dans les endroits où l'on veut poser à sec les fondations de constructions hydrauliques, piles de ponts, radiers d'écluse, etc.

On emploie encore aux épuisements des vis dénuées de canon, consistant simplement en un noyau sur lequel sont les filets hélicoïdes. On les établit sur un canal demi-cylindrique en bois ou en maçonnerie et ayant une inclinaison convenable, en ne laissant que le moins de jeu possible. Ces machines appelées *vis hydrauliques* ou *vis hollandaises*, sont très usitées en Hollande, où elles sont souvent mues par des moulins à vent. Il est nécessaire de leur donner une assez grande vitesse pour diminuer les pertes d'eau entre les filets hélicoïdes et l'enveloppe fixe. Elles ont l'avantage d'être indépendantes, dans leur produit, de la hauteur de l'eau du réservoir comparativement à leur extrémité, et sans changer de place, elles épuisent un réservoir dont le niveau baisse graduellement.

NORIA. La noria est une machine très employée dans le midi de la France et qui produit environ 0,65 d'effet utile. Elle consiste en une chaîne double sans fin articulée, portant une série de seaux équidistants, et qui passe sur un tambour ou lanterne polygonale, établi au-dessus du réservoir d'où l'on veut tirer l'eau. L'extrémité inférieure de la chaîne, ainsi que les seaux qu'elle porte, plongent dans cette eau. Leur ouverture est tournée vers le haut, sur la branche ascendante, et vers le bas sur l'autre branche. La chaîne et les seaux sont mis en mouvement au moyen d'une manivelle ou d'un engrenage placé sur l'axe de la lanterne. Les seaux, en passant dans le puisard, s'y remplissent d'eau, puis, arrivés en haut, ils s'inclinent en passant sur le tambour et versent l'eau qu'ils contiennent dans une auge ou bassin inférieur destiné à la recevoir.

CHAPELET. Voyez ce mot.

ROUE A GODET. Cette roue consiste en deux couronnes circulaires, entre lesquelles on place et on suspend, à l'aide de traverses horizontales, des seaux ou godets qui puisent l'eau au bas de la roue et l'élèvent jusqu'au sommet de celle-ci, ou ils basculent au moyen de mécanismes simples, et versent leur eau dans une auge ou bâche destinée à la recevoir. On met la roue à godets en mouvement au moyen d'une roue à aubes ordinairement montée sur le même arbre.

Digitized by Google

ROUE A TYMPAN. Le tympan de vitruve consiste en deux plateaux circulaires réunis par une enveloppe cylindrique à laquelle ils servent de base. L'intérieur est divisé par des cloisons planes passant par l'axe en 8 compartiments au plus. La surface cylindrique est percée, près des cloisons, d'une ouverture pour chacun des compartiments. L'arbre de rotation est très gros et porte autant d'entailles ou cannelures qu'il y a de compartiments. Lorsque cette machine est convenablement établie sur l'eau à puiser, et qu'on la met en mouvement, chaque ouverture, en passant sous le niveau de l'eau, en puise une certaine quantité, qui entre dans le compartiment, et va sortir par l'entaille correspondante de l'essieu.

Dans le tympan qui porte son nom, Lafaye imagina de courber les cloisons suivant des développées du cercle de l'axe et de supprimer l'enveloppe convexe.

Les tympans sont peu employés parce qu'ils occupent beaucoup de place et n'élèvent l'eau qu'à une faible hauteur.

AÉROMÉTRIE.

Cette partie de l'hydraulique, qui traite des fluides élastiques ou gaz et vapeurs, sera examinée en parlant des *machines soufflantes* dans l'article MÉTALLURGIE et dans les articles MOULIN A VENT et VAPEUR. P. DEBETTE.

ACIDE HYDRIODIQUE. Se prépare en décomposant l'iodure de phosphore par l'eau, ou l'hydrogène sulfuré par l'iode. N'est pas employé dans les arts.

ACIDE HYDRO-BROMIQUE. S'obtient par la décomposition du bromure de phosphore par l'eau. Sa préparation exige beaucoup de précautions. Il n'a du reste aucun emploi.

HYDROCARBURES LIQUIDES (FABRICATION DES). La fabrication des hydrocarbures liquides destinés à l'éclairage, et sur l'emploi desquels nous nous sommes étendus (voir l'article ÉCLAIRAGE) est toute récente, elle date à peine de quelques années. Aussi tous les jours les procédés et les méthodes dont elle fait usage s'améliorent, et c'est tout au plus si les fabricants eux-mêmes ont pu en bien apprécier la portée; de plus, loin de vouloir faire connaître au public les perfectionnements qu'ils ont apportés dans leur travail, quelques-uns prennent un soin extrême à les tenir aussi secrets que possible. Nous ne leur en faisons pas un crime, pas même un reproche, car avec la loi qui régit les brevets, le parti le plus avantageux peut-être pour un inventeur est de cacher son invention autant qu'il le peut. Ces circonstances réunies rendront notre tâche difficile et nous empêcheront de donner sur les prix de revient des chiffres réels et positifs.

Les propriétés des hydrocarbures liquides destinés à l'éclairage, car c'est d'eux seuls que nous voulons parler, sont à peu près les mêmes que les propriétés des huiles essentielles tirées des végétaux. C'est qu'à vrai dire, les huiles essentielles extraites des schistes bitumineux et de la houille, directement ou indirectement, ont aussi une origine végétale; seulement les conditions de nature, d'existence des végétaux qui ont pu leur donner naissance, étaient toutes différentes des conditions où vivent les végétaux d'aujourd'hui; nous n'allons donc pas énumérer ces propriétés.

Deux espèces de matières premières ont été employées jusqu'à présent pour fabriquer ou plutôt pour en extraire les hydrocarbures liquides. 1° La houille soit en nature, soit à l'état de goudron provenant des usines à gaz; 2° les schistes bitumineux. Nous ne parlons pas de la térébenthine, car l'essence qu'on en extrait et dont la *fabrication est* d'ailleurs connue depuis longtemps ne peut *rivaliser* ni avec les huiles de houille ni avec les huiles de schistes, sinon pour le prix actuel, du moins pour celui auquel on espère pouvoir les livrer. Du reste, les inventeurs des nouveaux systèmes d'éclairage avouent qu'ils renonceraient à tout espoir d'un éclairage économique s'ils étaient réduits à l'essence de térébenthine.

Parlons d'abord de l'extraction des hydrocarbures de la houille et de son dérivé le goudron.

Voici, à peu près, le procédé suivi jusqu'à présent pour l'extraction des huiles essentielles, ou hydrocarbures liquides, du goudron de gaz.

L'appareil distillatoire se compose d'une chaudière en tôle chauffée inférieurement et latéralement, au moyen de carneaux montant jusqu'au niveau le plus bas du liquide. Dans sa partie supérieure, ordinairement disposée en dôme, cette chaudière est entourée de substances très peu conductrices du calorique pour empêcher que l'air, en venant refroidir les parois supérieures, ne produise la condensation des vapeurs dont la chaleur spécifique est très faible. Un tuyau partant de l'extrémité du dôme conduit dans un serpentin entouré d'eau froide les vapeurs, qui, entièrement condensées à sa sortie, sont reçues dans des vases disposés *ad hoc*. Avant de se rendre dans la cheminée, les produits de la combustion vont chauffer une chaudière, avec un couvercle mobile, placée en contre-haut de la chaudière distillatoire, de manière à pouvoir l'alimenter de son contenu. Cette chaudière accessoire reçoit le goudron froid, pour que d'abord sa température s'élève au moyen de la chaleur perdue, et, surtout, ensuite pour qu'en chauffant, l'eau ammoniacale, qu'il retient toujours englobée dans sa masse en plus ou moins grande quantité, puisse se séparer. Cette séparation s'explique très bien par la fluidité qu'acquiert le goudron chauffé; l'eau, en vertu de sa légèreté, monte alors facilement à la surface du goudron ou elle s'évapore sinon en totalité, du moins en partie. Si l'évaporation n'est pas complète, la couche d'eau surnageant ne s'introduit pas dans la chaudière distillatoire avec le goudron, et, au bout d'un certain nombre d'opérations, cette couche est assez épaisse pour être enlevée d'une manière quelconque. Cette disposition n'est pas indiquée dans la fig. 1234, qui représente au contraire une disposition dont je parlerai tout à l'heure.

Si l'eau interposée dans le goudron était introduite avec lui dans la chaudière distillatoire, chauffée rapidement, elle tendrait à se réduire en vapeur au sein de la masse et y occasionnerait un boursouflement assez considérable pour faire sortir le mélange de la chaudière malgré une capacité double du volume du goudron.

On doit se garder de faire dans la conduite de la chaudière au serpentin une soudure à l'étain, car la haute température des dernières vapeurs distillées la ferait infailliblement fondre.

La chaudière distillatoire porte une vidange à soupape ou à robinet, pour laisser écouler le résidu de l'opération. Si dans l'atelier où s'opère cette distillation il se trouve du feu ou même une lumière, il faut laisser refroidir le brai dans la chaudière jusqu'à 180 degrés avant de le tirer, car les huiles essentielles restant dans ce brai, iraient infailliblement s'allumer, et formant avec l'air un mélange détonnant, occasionneraient à la fois incendie et explosion.

Les vapeurs qui s'échappent pendant la distillation ont des densités différentes suivant les divers instants de l'opération. Les premières huiles essentielles que l'on recueille mélangées avec de l'eau, marquent de 28 jusqu'à 35 degrés à l'aréomètre quand on distille la crème des goudrons. Peu à peu cette légèreté spécifique diminue, et les dernières huiles obtenues sont plus denses que l'eau, si on chasse par la chaleur 25 p. 100 du goudron employé. C'est ce qui a lieu quand on veut obtenir spécialement du brai-gras, matière première des bitumes et asphaltes artificiels.

Avant qu'on eût songé à l'emploi des hydrocarbures liquides pour l'éclairage, et surtout au moment de la fièvre de spéculation bitumnière, il y a une dizaine d'ans

Digitized by Google

nées, alors qu'on était arrivé à distiller de la houille rien qu'en vue du goudron, et alors que les goudrons des usines à gaz se vendaient a raison de 10 et 12 francs les 100 kil., c'est tout au plus si on utilisait en partie minime les huiles essentielles les plus légères pour les employer à la dissolution du caoutchouc; tout le reste constituait un résidu dont le fabricant de brai était souvent embarrassé et qu'il était quelquefois heureux de vendre à raison de 2 à 5 fr. les 100 kil., pour être employé comme combustible ou dans la fabrication du noir de fumée.

Généralement dans la fabrication du brai-gras on retire 17 à 20 p. 100 d'huile essentielle en mélange presque aussi dense que l'eau, 2 p. 100 d'eau; 75 p. 100 de brai, la perte étant de 5 à 8 p. 100. Si on veut avoir du brai sec il faut chasser 30 p. 100 de matières volatiles.

Le brai-gras en sortant de la chaudière Z (fig. 1234) est ordinairement reçu dans une chaudière inférieure, où il doit être mélangé avec une certaine quantité de chaux ou de craie et soumis alors à l'action de la chaleur.

Dans ces dernières années, même en fabricant le brai-gras, quelques fabricants ont pris soin de fractionner les produits de la distillation. Ainsi ils recueillent toutes les premières huiles qui, mélangées, pèsent 16 degrés environ à l'aréomètre de Beaumé, en rangeant dans la catégorie des huiles lourdes tout ce qui passe ensuite. Les huiles légères sont destinées à être traitées spécialement pour le service de l'éclairage.

En adoptant la base de ce procédé de distillation il serait très possible, à notre avis, d'y apporter quelques améliorations. Le serpentin devrait être entouré, au lieu d'eau, de goudron placé dans un tonneau de tôle muni à sa partie supérieure d'un tuyau pour la sortie des vapeurs. Ce réfrigérant ainsi disposé permettrait la suppression de la chaudière accessoire de tout à l'heure, et apporterait nécessairement de l'économie et de la simplicité dans le travail. A cause de la faible chaleur spécifique des essences il serait probablement inutile de faire suivre le réfrigérant à goudron d'un réfrigérant à eau. Les vapeurs s'échappant du refrigérant à goudron seraient de l'eau et les essences les plus légères.

A la fin de la distillation, du goudron froid arrivant à la partie inférieure du réfrigérant ferait passer dans la chaudière le goudron chaud et presque bouillant, de manière à produire une distillation presque continue.

Les huiles lourdes, distillées les dernières, sont très riches en naphtaline, et il nous a été dit par un fabricant de brai-gras, que de la naphtaline se volatilisait quelquefois à la fin de l'opération en venant cristalliser dans le serpentin qu'elle obstruait.

Nous avons maintenant pour épuiser l'ancien procédé, le seul, à vrai dire, encore suivi par les rares fabricants d'hydrocarbures pour l'éclairage, à parler de la rectification et de l'épuration, soit de la totalité des huiles recueillies pendant la distillation, soit des essences légères pesant 16 degrés. Car outre que ces produits soient loin d'être au degré voulu par les appareils d'éclairage, ils sont impurs et contiennent d'abord un peu des principes ammoniacaux contenus dans les eaux de condensation, puis une matière colorante qui leur communique une teinte brune qui augmente d'intensité par l'exposition à la lumière, à tel point que des essences obtenues presque blanches se colorent très sensiblement et très rapidement, abandonnées dans des vases transparents et souvent même dans des vases opaques.

Des distillations dans lesquelles on fractionne les produits fournissent assez facilement des hydrocarbures à la densité désirée pour l'éclairage comme pour les autres usages, la dissolution du caoutchouc par exemple; mais l'épuration de ces substances a présenté longtemps des difficultés qui paraissent aujourd'hui surmontées.

M. Barral est, à ce que je pense, le premier qui ait indiqué un procédé convenable pour cette épuration : la position d'ingénieur qu'il occupait alors, près la compagnie formée pour l'exploitation des brevets de MM. Busson et Rouen, relatifs à l'éclairage par les hydrocarbures liquides, ayant appelé naturellement son attention et ses études sur ce point. Il ne suffisait pas à cette compagnie de présenter des lampes destinées à brûler les hydrocarbures, il fallait en même temps offrir le liquide éclairant, ou indiquer les moyens les plus simples de fabrication, à ceux qui voulaient bien se charger de préparer ces hydrocarbures.

Voici les moyens qu'employait M. Barral : Toute l'huile, marquant 1000° (densité de l'eau) au densimètre, et provenant de la distillation du goudron, telle que nous l'avons indiquée pour la fabrication du brai-gras, est traitée par 1/100e d'acide sulfurique à 66°. L'acide étant versé, on agite fortement la masse pendant 1 heure, avec un agitateur quelconque, un balai, par exemple. Ce battage peut être sans inconvénient prolongé pendant 2 heures, puis on laisse reposer; l'acide se dépose entraînant avec lui les matières qu'il a charbonnées, attaquées. En se laissant guider par le procédé suivi dans l'épuration des huiles de graine destinées à l'éclairage, M. Barral, après l'action de l'acide, ajoutait une certaine quantité d'eau, battait une seconde fois, laissait reposer, puis décantait l'huile.

A cause de la présence des produits ammoniacaux dans cette eau, il serait peut-être avantageux, à mon avis, de traiter cette huile par une dissolution métallique neutre avant l'action de l'acide.

Après le traitement par l'acide, M. Barral distillait les hydrocarbures sur de la chaux qu'il employait à raison de 4 p. %. Cette distillation, il l'opérait sur de petites quantités de liquide dans des cornues en fer, d'une capacité de quelques litres seulement, placées en certain nombre et en deux rangées parallèles sur un même fourneau de forme allongée. Le feu étant poussé modérément, le premier tiers des huiles qui passent les premières à la distillation a une densité spécifique de 840 à 850°; cette densité augmente bientôt, car le deuxième tiers a une densité de 900 à 950°. Le troisième tiers marque 1000°, et est mis à part pour être traité de nouveau par l'acide sulfurique, qui par son action fait baisser la densité de 1000 à 970°. La perte pour cette rectification est de 20 p. % à peu près. Le mélange de deux premiers tiers marque un peu au-dessous de 900° au densimètre, soit 26° environ à l'aréomètre de Beaumé. M. Barral préfère des cornues de petite dimension pour cette rectification, à cause des soubresauts qui s'opèrent dans une masse plus forte, soubresauts pouvant donner lieu à une projection d'hydrocarbures; ce qui, vu la grande inflammabilité de la matière, serait une chance d'incendie.

Les hydrocarbures provenant de cette distillation passent, au sortir des cornues, dans un serpentin pour être refroidies convenablement. Il est bon que ce serpentin débouche en dehors de l'atelier où se trouve le fourneau, car les vapeurs qui seraient, par hasard, incomplétement condensées pourraient aller s'allumer au foyer.

Une deuxième distillation est considérée comme nécessaire par M. Barral, pour obtenir des produits de très bonne qualité; elle s'opère sans chaux. La perte dans cette deuxième distillation est peu importante. Le résidu des distillations sur la chaux est une combinaison de cet alcali avec une matière grasse, combinaison qui a, pour son état et ses propriétés, beaucoup d'analogie avec la graisse noire qu'on fabrique depuis plusieurs années avec les résidus analogues de la distillation des huiles de résine. Cette nouvelle combinaison, cette nouvelle graisse, peut aussi très bien servir au graissage des voitures; elle exhale, il est vrai, une odeur assez désagréa-

Digitized by Google

ble ; mais comme l'ancienne graisse noire elle peut très bien servir au graissage des voitures, l'odeur ne présentant pour cet emploi aucun inconvénient.

Les procédés de M. Barral nous semblent très rationnels ; seulement nous pensons que la distillation dans de petites cornues serait une condition gênante pour une fabrication en grand, à cause de la multiplicité des appareils nécessaires à la rectification d'une quantité un peu considérable d'hydrocarbures ; comme les soubresauts sont probablement dus a la présence de la chaux on remédierait, je pense, a cet inconvénient en adoptant une chaudière distillatoire munie d'un agitateur ; on pourrait peut-être aussi remplacer le chauffage à feu nu par le chauffage au bain d'alliage, ou d'huile grasse, ou bien encore mélanger aux hydrocarbures une dissolution saturée d'une substance saline choisie de telle manière que l'ébullition se produisit à une température ne dépassant pas le degré d'ébullition de la liqueur saline, tandis que pour la distillation des hydrocarbures seuls, le degré d'ébullition varie avec les divers instants de l'opération. Ce qui permettrait d'obtenir seulement les hydrocarbures dont le degré d'ébullition est au-dessous du degré d'ébullition de la solution saline. C'est ce moyen qu'a employé Sellique dans sa fabrication d'hydrocarbures, extraits des schistes, fabrication dont il va être question tout à l'heure.

On a proposé de distiller le goudron à la vapeur, ce moyen nous paraît plus dispendieux que la distillation à feu nu, et cela sans utilité bien reconnue ; il faudrait d'ailleurs, pour arriver à l'extraction de 25 p. 100 d'huile, pousser la température à peu près jusqu'a 300°, et la vapeur n'acquiert pas cette température par le mode ordinaire de génération, il faudrait donc de la vapeur surchauffée.

M. Kuhlmann a proposé, si je ne me trompe, de produire dans le vide la rectification des hydrocarbures, sinon la distillation du goudron ; je ne sais pas bien les résultats plus avantageux qu'il espère obtenir par ce procédé.

Je dois mentionner ici des modifications, indiquées par M. Payen, dans une de ses leçons, au système de distillation du goudron, sans savoir d'ailleurs si ces perfectionnements proposés sont ou non de l'invention du célèbre professeur et s'ils ont été appliqués.

D'abord, il dit que dans la distillation du goudron lui-même, on pourrait immédiatement séparer sans frais les divers hydrocarbures, en mettant à la place du condenseur ordinaire trois ou quatre vases entourés d'eau. Le premier vase le plus éloigné de l'alambic serait en contact avec de l'eau froide renouvelée continuellement ; le deuxième vase n'aurait pour d'autre réfrigérant que l'eau chauffée par le premier condenseur, l'eau chauffée par le deuxième passerait au troisième et ainsi de suite. D'après M. Payen, on opère de cette manière une séparation d'hydrocarbures qui nécessite ordinairement un appareil à part.

Je ne sais si cette disposition serait avantageuse ; son application seule pourrait donner une idée de sa portée. Comme d'après M. Barral, le traitement par l'acide sulfurique, des hydrocarbures, obtenus de la dissolution directe du goudron, a une influence très grande sur le rendement des huiles à faible densité, rendement qu'il favorise, cette séparation directe des hydrocarbures indiquée par M. Payen, semblerait devoir diminuer ce rendement.

Les produits obtenus par la distillation du goudron ne sont pas encore bien définis jusqu'à présent, et leur étude bien détaillée appelle l'attention sérieuse des chimistes ; mais on sait très bien cependant que les uns se vaporisent à une température qui ne dépasse pas 70°, que d'autres entrent en ébullition de 100 à 120°, que pour d'autres enfin, la température doit être poussée à 180°. Il paraît certain qu'il y a parmi ces hydrocarbures un assez grand nombre d'espèces distinctes l'une de l'autre, non seulement pour le degré de l'ébullition, mais aussi pour les propriétés. On sait déjà que ce ne sont pas les hydrocarbures les moins denses, ceux qu'on obtient les premiers dans la rectification, qui conviennent le mieux à la dissolution du caoutchouc, tandis qu'ils sont très avantageux pour l'éclairage. Cette remarque est applicable non seulement aux produits de la distillation du goudron, mais aussi à ceux qu'on obtient en distillant l'essence de térébenthine.

Voici, d'après M. Barral, les degrés d'ébullition pour des huiles à densité différente :

Degrés d'ébullition.	Densités à 8 degrés.
130	0,885
150	0,891
140	0,900

L'huile bouillant à 140° est presque inodore, et convient très bien à la dissolution du caoutchouc.

C'est en se basant sur ces divers degrés d'ébullition des divers hydrocarbures qu'on emploie, d'après M. Payen, pour la rectification de ces produits, un appareil de séparation présentant pour son principe de l'analogie avec celui que nous avons indiqué tout à l'heure.

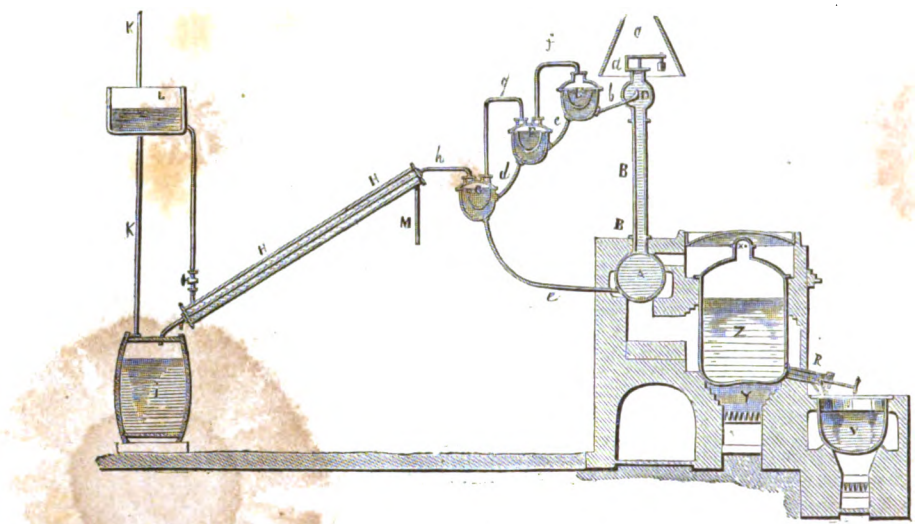
A la suite de l'appareil à distiller le goudron (figure 1234), on dispose un générateur A chauffé par la chaleur perdue du foyer Y. Ce générateur se prolonge en un tube ou colonne B, ayant 3 ou 4m de longueur et terminée par un réservoir D, dans lequel on peut régler la température du liquide, et de la vapeur qu'il tend à produire, au moyen d'une soupape maintenant une pression constante, soit 4 atmosphères pour 140°. La vapeur qui serait produite en excès par une augmentation de la pression normale, se dégagera par une petite cheminée *c*, après avoir soulevé la soupape *a*.

Du réservoir D part un tube *b*, communiquant avec le double fond ou plutôt la chemise d'une chaudière E, ayant le cinquième de la surface de la chaudière principale A. Deux autres chaudières semblables et d'égale capacité F et G se trouvent à la suite de la première. Leurs chemises et celle de la chaudière E communiquent entre elles par les tubes C et D, de telle sorte que le générateur A, le tube B, le réservoir D, et les chemises des chaudières ne forment qu'un espace continu plein d'eau chaude où la circulation peut s'établir de haut en bas d'après la différence de température. Les produits à rectifier sont placés dans la chaudière E ; la vapeur qui s'y produit passe dans la deuxième F, par le tube *b*, et s'y condense en partie ; la partie qui échappe à cette condensation renferme les hydrocarbures les plus volatils qui se dirigent dans la chaudière G, où une autre condensation se produit encore. Les vapeurs qui s'échappent de la chaudière G et qui contiennent la quintessence des hydrocarbures, passent dans un condenseur final entouré d'eau qui se renouvelle continuellement. Cette eau est fournie par un réservoir supérieur L, et s'échappe par le tuyau M, lorsqu'elle est devenue chaude. L'hydrocarbure est recueilli dans un récipient I, et les gaz non condensables, s'il y en a, se dégagent par un conduit K, qui débouche au-dessus du toit. Comme on le voit, après chaque opération, les vases E, F, G, I, contiennent des hydrocarbures de plus en plus volatils selon qu'ils sont plus distants de la colonne B D ; la séparation qu'on veut obtenir est donc effectuée.

M. Delafont, qui fabrique un liquide propre à l'éclairage, indique la recette suivante de fabrication pour la nature, la quantité des matières qu'il emploie, et le procédé d'épuration qu'il suit :

Esprit de fécule ou de vin, à 37°. .	400 litres.
Esprit de bois, à 30°.	100
Essence de goudron, à 26°. .	400
Essence de térébenthine, à 30°.	100
	1,000

Digitized by Google



1233.

On ajoute aux 1,000 litres 10 kilogrammes d'acide sulfurique à 66; on brasse le mélange qu'on abandonne pendant 12 heures à lui-même, en remuant seulement de temps en temps. Puis on traite le liquide par un mélange de chaux, d'hydrochlorate et de carbonate d'ammoniaque; on décante, on redistille, et on a la matière propre à l'éclairage.

Ce procédé d'épuration a beaucoup d'analogie avec celui qu'a employé M. Barral. Nous ferons seulement remarquer que le mélange de chaux, d'hydrochlorate et de carbonate d'ammoniaque, doit donner lieu à un dégagement d'alcali volatil, qui se retrouve nécessairement, en partie du moins, dans le liquide qui distille. Nous ne savons pas précisément dans quelle intention se fait ce mélange; serait-ce pour empêcher toute acidité de se développer dans un ou plusieurs des quatre principes constituant le liquide d'éclairage de M. Delafont. Ce liquide est livré par lui au commerce au prix de 1 fr. 20 c. le litre, pouvant éclairer au plus pendant 20 heures.

Comme les carbures d'hydrogène gazeux obtenus par la distillation de la houille, dans la fabrication du gaz, sont, en partie du moins, le résultat de la décomposition par le feu des hydrocarbures proprement dits que renferme la houille; si la décomposition ne peut s'opérer par le fait d'une température trop basse, les hydrocarbures sont simplement vaporisés, et se condensent par le refroidissement : alors, on n'obtient presque pas de gaz, mais beaucoup de goudron léger, riche en huiles très volatiles qu'on peut appliquer à l'éclairage après une épuration et une rectification convenables. Ainsi on peut, par une distillation de houille dans certaines conditions, obtenir des hydrocarbures liquides en quantité bien plus grande que celle qui se trouve dans les goudrons de gaz. Avant de parler des procédés à suivre pour arriver à ce résultat, je dois dire que, dans un pareil traitement de la houille, le produit qui a le plus de valeur est, sans contredit, le coke, et que sa qualité et son rendement doivent préoccuper spécialement au point de vue commercial, auquel il faut, en définitive, toujours sacrifier dans toute exploitation industrielle.

Il est incontestable qu'on peut, dans la fabrication du coke, disposer tellement les fours, qu'une très grande partie des produits volatils généralement perdus aujourd'hui soit condensée, et devienne par conséquent utilisable: mais ce à quoi il faut s'attacher, et je dois insister sur ce point, c'est à conserver d'abord au coke ses propriétés, et seulement ensuite à obtenir le plus possible de ces produits volatils, et ce qu'on obtiendra sera presque tout bénéfice. Mais si, en voulant obtenir le deuxième résultat, on modifie les propriétés ou la qualité du coke, de telle sorte que les consommateurs ne le trouvent plus, à tort ou à raison, propre à leurs besoins, on commettra, à mon avis, une imprudence très grave, et l'industrie en question périclitera comme pêchant par sa base.

Ce n'est pas tout. Les usines à gaz, qui augmentent tous les jours en nombre et en importance, ont, pour un certain nombre du moins, du goudron à écouler, soit parce qu'elles vendent difficilement leur coke, soit parce qu'elles ne peuvent ou ne veulent pas brûler leur goudron à cause de la détérioration assez rapide que la combustion de ce dernier occasionne dans les fours, surtout s'ils ne sont pas convenablement disposés.

Toujours est-il, et c'est un fait incontestable aujourd'hui, que des usines à gaz assez nombreuses, tant à Paris que dans les départements, pour une cause ou pour une autre, vendent leur goudron à raison de 6 francs les 100 kilogrammes rendus à Paris. Ces goudrons, lorsqu'ils sont frais, rendent environ 10 p. 100 d'hydrocarbures propres à l'éclairage (1). Lorsqu'ils sont anciens, les substances les plus volatiles qu'ils contiennent ont pu s'échapper en partie au contact de l'air; aussi quelquefois le rendement est-il réduit considérablement. Ainsi il pourrait se faire qu'il fût plus profitable dans ce moment-ci, du moins pour extraire les hydrocarbures destinés à l'éclairage et autres emplois, de distiller les goudrons dont bon nombre d'usines

(1) C'est le chiffre indiqué par M. Barral, la densité de ces hydrocarbures étant 0,900. Des fabricants prétendent ne pas arriver à plus de 6 ou 7. Nous ne pouvons prononcer entre ces deux assertions.

Digitized by Google

à gaz ont à se débarrasser que de traiter directement de la houille.

Enfin, dans la fabrication de ces hydrocarbures, même sans passer par la fabrication du gaz, on obtient des produits qu'il faut écouler, savoir : 1° du brai-gras qu'on emploie dans la fabrication des bitumes et asphaltes artificiels, mais qui jusqu'à présent ont été, à tort ou à raison, regardés comme inférieurs aux asphaltes et bitumes naturels dans la confection des trottoirs et des travaux hydrauliques. Or, quand on distille des goudrons de gaz, on obtient 70 à 75 p. 0/0 de brai-gras, dont le prix aujourd'hui est de 8 fr. environ les 100 kil., mais qui tomberait bientôt à 4 ou 5 fr. si on en produisait en grande quantité. Cette quantité de brai-gras serait probablement un peu moindre pour le goudron qu'on pourrait recueillir, en condensant les produits volatils qui s'échappent des fours à coke; mais la diminution de brai ne serait pas assez importante pour modifier les conséquences de notre observation. 2° Des hydrocarbures à densité se rapprochant de celle de l'eau (on les appelle assez souvent les huiles lourdes), et qu'on n'a pu encore, jusqu'à présent du moins, faire servir à l'éclairage, et dont les emplois aujourd'hui sont assez restreints.

Ainsi on le voit, ici comme partout, à côté de la question technique, il y a la question commerciale qui pèse de tout son poids; et spécialement ici, il y a, à côté de la substance que l'on veut produire, d'autres matières résultant nécessairement de la fabrication, et ayant, sous le rapport du prix, beaucoup plus d'importance que cette substance elle-même. Il est nécessaire d'ajouter que ces substances, n'ayant aujourd'hui qu'un emploi très limité, trouveront peut-être, et même très probablement plus tard, par suite des recherches des chimistes, un écoulement plus facile pouvant venir changer les données et, partant, la solution du problème.

Nonobstant ces observations, disons quelques mots des procédés proposés jusqu'à présent pour extraire des hydrocarbures de la houille, sans avoir recours aux goudrons que fournit la fabrication du gaz.

En 1839, MM. Thomas et Laurens prirent un brevet pour la distillation des combustibles au moyen de la vapeur surchauffée ou de gaz chauds, mais dépourvus d'oxygène libre, en donnant pratiquement la préférence à la vapeur, qui, même pour certains buts, a des avantages spéciaux. La vapeur surchauffée, après sa formation, au-dessous de 400°, pénètre avec une faible pression effective de 1/4 à 1/2 atmosphère dans une enceinte fermée, où se trouve accumulé le combustible. Il n'y a pas de dispositions particulières ; cependant il faut placer les entrées et les sorties de vapeur de façon à faire circuler partout le fluide. Les hydrocarbures entraînés par le courant sont condensés par les moyens ordinaires de condensation.

Tous les combustibles sont ainsi carbonisés à 300 degrés à peine. Rien n'est plus facile à conduire que cette opération; on règle la pression à l'aide de robinets. La vapeur est chauffée dans un serpentin en fer qui ne s'use que très peu et dure longtemps, si on prend quelques dispositions capables d'annihiler l'effet des dilatations et contractions. Ce moyen de chauffage opère à une température bien inférieure à celle qu'exigent les mêmes opérations effectuées par un chauffage extérieur (1).

Ce procédé n'a jamais été appliqué en grand d'une manière suivie; une fois le problème résolu, MM. Thomas et Laurens ne s'en sont plus occupés, distraits qu'ils étaient par le succès de leurs applications des gaz des hauts-fourneaux dans les forges. Au point de vue technique ce procédé nous semble devoir donner de très bons résultats; mais il y a encore ici la question de la qualité du coke. MM. Thomas et Laurens avancent que le coke obtenu est de bonne qualité pour la fonderie et le haut-fourneau, si on conduit l'opération modérément. S'il en est ainsi, si le coke obtenu est aussi bon à l'emploi que celui des fours ordinaires, l'exploitation de ce procédé nous semble devoir offrir beaucoup de chances de succès. L'application peut seule résoudre la question d'une manière définitive.

Ce chauffage par la vapeur surchauffée pourrait être, ce nous semble, appliqué avec avantage à la distillation du goudron ainsi qu'à la rectification des hydrocarbures, d'autant plus que ce mode de chauffage permettrait d'éloigner les ateliers de distillation des foyers, et par conséquent, ferait disparaître toute chance d'incendie.

Plus récemment, M. Rouen, qui comprenait la nécessité, pour pouvoir donner de l'extension à son système d'éclairage, de fournir au commerce des hydrocarbures à bas prix, asongé à fabriquer ces hydrocarbures sur le carreau des mines en même temps que le coke. D'abord il a voulu condenser purement et simplement les produits qui s'échappent des fours à coke; puis, si nous sommes bien informé, il a voulu opérer la distillation dans des cornues ; enfin, nous avons entendu dire qu'il était revenu aux fours et qu'il avait obtenu des bons résultats à Saint-Etienne. Ne connaissant pas les procédés particuliers qu'il peut employer, il nous est impossible d'entrer, à propos de sa fabrication, dans quelques détails qui probablement devraient rentrer dans ceux qui ont été indiqués dans le cours de l'article. J'ai seulement appris de M. Rouen qu'il avait reconnu dans ses nombreux essais de distillation que plus la houille est fraîchement extraite et plus le rendement en hydrocarbures est grand, et qu'il y a une grande différence pour ce rendement entre la houille fraîche et la houille ancienne. Cette remarque est bonne, sans aucun doute, mais je crois que la différence de rendement n'est pas aussi grande que celle indiquée par M. Rouen.

Il y a longtemps d'ailleurs que cette remarque a été faite, non pas pour les hydrocarbures, mais pour le rendement du gaz, et tout le monde sait que la houille perd de sa qualité par l'exposition à l'air, surtout sous l'influence successive de la chaleur et de l'humidité. M. Rouen annonce qu'il obtient par ses procédés, pour 1 hect. de houille, 10 litres d'hydrocarbures bruts qui se réduisent à 5 au maximum, par suite de l'épuration et des rectifications nécessaires qu'il opère à la vapeur. Voici des résultats que m'a communiqués M. Barral d'après ses expériences.

Pour une distillation assez vive qui a duré 8 heures pour 261 kil., il a obtenu pour 100 kil. de houille de Douchy :

Coke.	70
Eau et gaz.	7
Goudron.	23
	100

Ce goudron étant analogue à celui des usines à gaz, mais contenant moins d'eau.

Pour une distillation lente qui a duré 3 jours, pour 300 kil. il a obtenu pour 100 kil. :

Coke.	82
Eau et gaz.	8
Essence.	10
	100

Cette essence était à la densité de 1,050 et a donné 5 d'huile à 0,900 et 5 de brai ou huile lourde.

Dans une distillation de charbon d'Anzin M. Barral n'a obtenu que 3,76 p. 100 d'essence à 0,900.

(1) En 1853, MM. Thomas et Laurens avaient déjà proposé l'emploi de la vapeur surchauffée dans les machines à vapeur. En 1858 eut lieu la première application de la vapeur surchauffée pour la revivification du noir animal.

Digitized by Google

Si on parvient à établir des distilleries d'hydrocarbures dans les fabriques de coke, un nouvel incident viendra surgir dans la question, ce sera le transport de ces hydrocarbures.

Si le transport en fûts ne peut avoir lieu à cause des pertes de liquides, le transport en touries présentera certains inconvénients qui doivent être signalés. La casse de touries dans les transports doit être évaluée à 3 p. 100 en moyenne, de plus, leur tare, à cause du panier et du torquage nécessaire, doit être évaluée à 25 kil. pour un contenu de 50 kil., ce qui augmente de 50 p. 100 les frais de transport de la marchandise, en supposant qu'on n'ait pas d'ailleurs à effectuer le retour des emballages au lieu de fabrication, ce qui les augmenterait alors de 100 pour 100. Et cette dernière hypothèse n'a rien que de très admissible, car les touries qui auraient renfermé ces hydrocarbures seraient, nous le pensons, impropres à tout autre emploi.

Avant de terminer ce qui regarde les hydrocarbures extraits de la houille, disons que leur prix ne paraît pas devoir descendre jusqu'à présent au-dessous de 60 à 70 fr. les 100 kil., ainsi que nous l'avons déjà dit d'ailleurs à l'article ÉCLAIRAGE.

Il nous reste maintenant à parler des hydrocarbures extraits des schistes bitumineux. L'industrie des produits extraits des schistes est due entièrement à Selligue, enlevé prématurément, au milieu de sa carrière si pleine de découvertes et de travaux utiles, aux arts et à l'industrie.

On sait qu'en distillant les schistes bitumineux des environs d'Autun, Selligue est parvenu à obtenir, 1° des huiles volatiles ou essentielles; 2° des huiles fixes; 3° des huiles paraffinées qu'il emploie dans la confection des graisses; 4° de la paraffine propre, suivant Selligue, à la fabrication de bougies; 5° une matière colorante (1); 6° de l'ammoniaque; 7° du goudron; 8° une matière sèche propre à la décoloration des sirops ou à la désinfection des fosses d'aisance, pouvant remplacer jusqu'à un certain point les charbons végétaux ou animaux.

Nous n'avons pas à nous occuper de tous ces produits, mais bien des huiles essentielles ou volatiles pouvant servir à l'éclairage; seulement, comme le mode de traitement des schistes a une influence directe et incontestable sur le prix de revient des hydrocarbures, nous devons en dire un mot.

Selligue distillait d'abord les schistes dans des cornues en fonte, cylindriques et disposées verticalement; chaque fourneau contenait six cylindres d'une contenance de 1 mèt. cube, et était construit de manière à ce que les schistes amenés, au moyen de tombereaux, à la partie supérieure des cylindres, étaient enlevés à la fin de l'opération par un chariot en fer, les recevant à leur sortie par la partie inférieure des cornues. Le chauffage des cornues était très bien entendu, et ses dispositions permettaient d'utiliser au mieux le combustible consommé. Les produits de la distillation se dégageaient par la partie supérieure des cornues, et se condensaient par les moyens ordinaires.

Selligue, dans un nouveau brevet pris, il y a un an à peu près, pour le traitement des schistes bitumineux et des produits dérivés, a indiqué un nouvel appareil pour la distillation des schistes. Au lieu de placer ces schistes dans des cornues, il les place dans l'espace compris entre 2 troncs de cône renversés ou entonnoirs en tôle, de manière que l'épaisseur de la couche de schistes est petite, et que la chaleur pénètre également à peu près dans toute la masse, ce qui n'avait pas lieu dans les cornues, la chaleur arrivant difficilement jusqu'au centre à cause de la mauvaise conductibilité de la substance. La flamme du foyer ou plutôt des foyers placés autour de l'appareil, chauffe d'abord la surface extérieure, puis la surface intérieure du double entonnoir. Les produits de la distillation se dégagent par la partie supérieure de l'espace conique, que nous pourrions jusqu'à un certain point appeler la couronne conique, pour être condensés comme à l'ordinaire.

Comme les produits les plus volatils, les plus condensables et aussi les plus précieux, se dégagent dans les premiers moments de la distillation, on a soin, à un certain moment de l'opération, de ramener sous les grilles des foyers, les gaz non condensables, ce qui procure une économie notable de combustible.

Les produits condensés sans aucune séparation forment le bitume brut, et 1000 kil. des schistes n'en fournissent que 60 à 65 kil.

En distillant ce bitume on obtient pour 1000^k,365^k (c'est-à-dire 2 p. 100 des schistes) d'un bitume liquide très léger, d'une densité qui varie entre 0,760 et 0,810, et 258 kil. (c'est-à-dire 1 à 2 p. 100 des schistes) d'une huile minérale pouvant servir à l'éclairage à la lampe.

Selligue employait pour l'épuration de ces huiles des procédés analogues à ceux de M. Barral. Il les traitait d'abord par l'acide sulfurique, puis par une lessive de soude, et c'était après ce double traitement qu'il distillait, pour volatiliser les hydrocarbures les plus légers. Pour être sûr d'avoir de ces corps pouvant se volatiliser entièrement à une certaine température, soit 140°, il ajoutait à la partie qui devait être distillée une dissolution saline ne pouvant entrer en ébullition qu'au degré voulu 140; et tous les produits condensés de cette distillation avaient nécessairement un degré d'ébullition inférieur à celui-là.

Jusqu'à présent les hydrocarbures extraits des schistes n'ont pu être employés, nous l'avons déjà dit, soit à cause de l'odeur insupportable, s'ils ne sont pas épurés; soit à cause de leur haut prix, 100 fr. les 100^k, quand l'épuration a eu lieu. Il est possible que les modifications dont nous venons de parler, apportées par Selligue dans ses procédés, aient amélioré la qualité ou fait baisser les prix de revient de ces hydrocarbures; malheureusement la mort de l'inventeur aura apporté ou apportera peut-être des retards à la réalisation des améliorations qu'il avait obtenues.

Il ne faut pas étudier longuement la question de la distillation des schistes pour voir que cette industrie ne pourrait pas lutter, pour les prix de revient, avec celle de la distillation de la houille dans la fabrication du coke, si une lutte venait à s'établir. En effet, le résidu solide de la distillation des schistes est de 70 à peu près pour 100; il n'a qu'une valeur nulle ou du moins minime, le chauffage des appareils de distillation des schistes coûte du combustible, tandis qu'il est nul dans la carbonisation du coke (1); enfin les hydrocarbures contenus dans les schistes sont en moins grande quantité que dans la houille. Voilà plus de raisons qu'il n'en faut pour rendre certaine l'infériorité de l'industrie des produits extraits des schistes. A. MALLET.

ACIDE HYDRO-CHLORIQUE. — *Acide* CHLORHYDRIQUE. — *Acide* MURIATIQUE (*angl.* muriatic acid, *all.* salzaüre). Glauber, chimiste allemand, qui vivait dans le dix-septième siècle, paraît être l'auteur de la découverte de cet acide; du moins, c'est lui qui, le premier, le retira du sel marin. Appelé d'abord *esprit-de-sel*, *acide marin*, puis *acide muriatique* (de *muria*, nom latin du sel), il fut regardé pendant longtemps comme un oxyde à radical inconnu. MM. Gay-Lussac, Thénard et H. Davy, démontrèrent par de nombreuses expériences qu'il était formé de volumes

(1) On obtient aussi une substance colorante analogue dans le goudron.

(1) Quand bien même il y aurait du combustible à employer dans certains procédés, ce combustible coûte très peu sur le carreau de la mine, tandis qu'il est bien plus cher près du lieu de l'exploitation des schistes.

Digitized by Google

égaux d'hydrogène et de chlore, composition qui lui valut le nom d'acide *hydrochlorique* récemment changé en celui d'acide *chlorhydrique*. Cette découverte importante créa la classe des acides sans oxygène.

L'acide hydrochlorique est toujours gazeux à la température et à la pression ordinaires ; il est incolore, mais à l'air humide il donne naissance à d'épaisses vapeurs blanches en absorbant de l'eau. Il éteint les corps en combustion et rougit fortement la teinture de tournesol, comme les acides les plus énergiques. Sa densité est de 1,247 ; son odeur piquante est si forte qu'il est impossible de le respirer sans danger. Un froid de 50° au-dessous de zéro ne le fait point changer d'état. Faraday, en le soumettant à une pression de 40 atmosphères à 8° au-dessus de zéro, est parvenu à le liquéfier. Indécomposable par la chaleur, l'acide hydrochlorique est décomposé par l'électricité ; ce gaz a une excessive affinité pour l'eau qui, à 20° au-dessus de zéro, sous une pression de 0m,76, en dissout 464 fois son volume, c'est-à-dire les 3/4 de son poids. La dissolution saturée qu'on obtient présente une densité de 1,21, et marque 26°,5 à l'aréomètre de Beaumé ; elle a toutes les propriétés de l'acide gazeux ; on l'appelle *acide hydrochlorique liquide*. A cet état elle répand des vapeurs qui ne cessent d'apparaître que si on l'étend d'eau ; cette dissolution saturée bout à 60° C. en perdant une partie de son gaz ; il arrive cependant un moment où, si on continue à la chauffer, elle distille sans changement : elle bout alors à 110°.

Le tableau suivant, dû à M. Ed. Davy, fait connaître les quantités réelles d'acide hydrochlorique gazeux contenues dans 100 parties d'acide liquide à diverses densités, pour une température de 7°,22 C., et sous la pression de 0m,76.

DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.	DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.	DENSITÉ	QUANTITÉ d'acide.
1,21	42,43	1,14	28,28	1,07	14,14
1,20	40,80	1,13	26,26	1,06	12,12
1,19	38,88	1,12	24,24	1,05	10,10
1,18	36,36	1,11	22,22	1,04	8,08
1,17	34,34	1,10	20,20	1,08	6,06
1,16	32,32	1,09	18,18	1,02	4,04
1,15	30,30	1,08	16,16	1,01	2,02

L'acide hydro-chlorique se prépare à l'aide du sel marin et de l'acide sulfurique. En mélangeant ces deux corps, l'eau de l'acide sulfurique se trouve décomposée, son hydrogène se combine avec le chlore du chlorure de sodium, pendant que son oxygène se porte sur le sodium, et, la soude formée se combinant avec l'acide sulfurique, il y a production de sulfate de soude, tandis que l'acide hydrochlorique se dégage. Si l'on veut avoir cet acide gazeux, il faut le recueillir sur le mercure ; si, au contraire, on veut l'obtenir liquide, on le reçoit dans une série de vases à moitié pleins d'eau.

Anhydre, l'acide hydrochlorique est formé de :

1 équivalent de chlore	442,650	ou bien	97,26
1 équivalent d'hydrogène	12,479	—	2,74
1 équivalent d'acide	455,129	—	100,00

Voici le tableau de la réaction qui a lieu quand on prépare l'acide sec.

Équivalents employés.

1 équiv. chlorure de sodium. . . .	733,56
1 équiv. d'acide sulfurique à 66°. . .	613,64
	1347,20

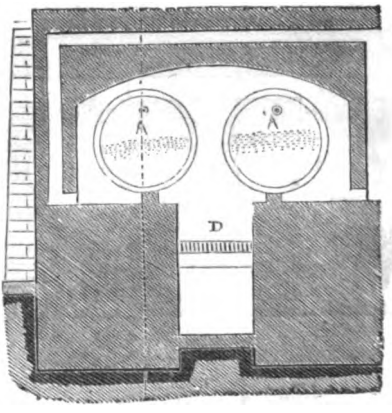
Équivalents obtenus.

1 équiv. sulfate de soude.	892,08
1 équiv. acide hydrochlorique. . . .	455,12
	1347,20

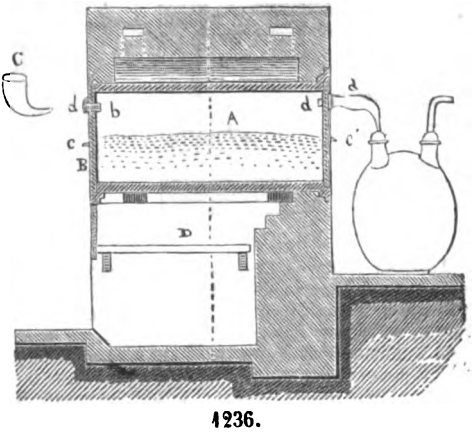
L'acide hydrochlorique du commerce se prépare à l'aide d'appareils formés de deux parties principales : 1° De vases producteurs ; 2° de vases condenseurs.

Cette préparation a lieu par deux procédés différents : dans l'un, on fait usage des *fours* ou *bastringues*, comme nous le verrons plus tard en parlant de la fabrication de la soude où la production de l'acide hydrochlorique n'est, pour ainsi dire, qu'accessoire. Dans l'autre procédé, on fait usage des *cylindres*, et ces appareils s'emploient dans les localités où cet acide trouve un débouché facile ; dans ce cas, l'acide hydrochlorique est le produit principal. Nous ne parlerons ici que de ces derniers appareils.

Les fig. 1235 et 1236, représentent les coupes longitudinale et transversale. Dans ces deux figures les mê-



1235.



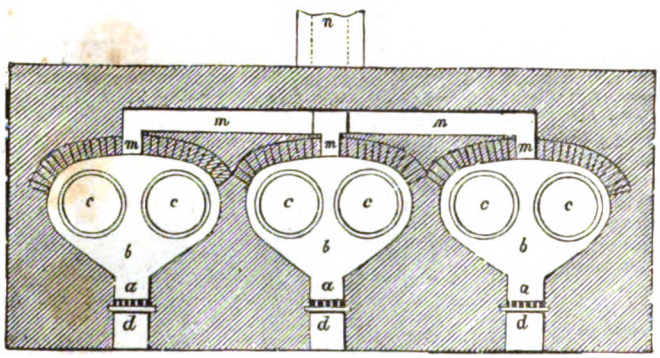
1236.

mes lettres indiquent les mêmes objets. Chaque appareil se compose de 2 vases cylindriques horizontaux A, A', en fonte grise ; ils ont 1m,66 de longueur, 0m,66 de diamètre intérieur, et 0m,03 d'épaisseur. A l'une des extrémités, qui se trouve bouchée, est placé le tube de dégagement *a*, qui sert à conduire les gaz dans les condenseurs. L'autre extrémité est fermée à volonté par un fond mobile *b*, qu'on ôte pour introduire dans chaque

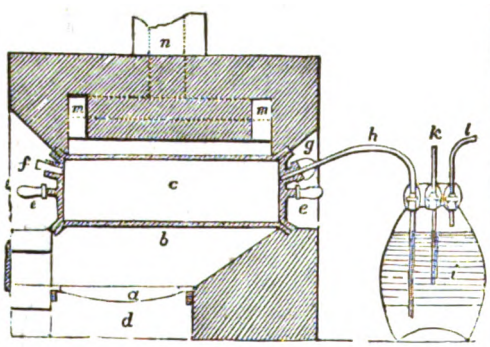
Digitized by Google

cylindre le sel marin et enlever les résidus. Ces disques qui ferment ainsi les ouvertures des cylindres sont également en fonte de 0m,03 d'épaisseur; ils sont munis d'une poignée extérieure *c* venue à la fonte, et portent à leur partie supérieure un bout de tuyau *d* qui sert à fixer une allonge en grès au disque du fond, et à introduire l'acide sulfurique de l'autre côté.

Les cylindres sont placés deux à deux dans des fourneaux distincts, mais réunis en un seul massif et n'ayant qu'une seule cheminée. Le plus souvent on réunit dans le même massif trois appareils dont on fait quelquefois communiquer les cheminées comme l'indiquent les fig. 1237 et 1238. Dans la construction de ces appareils, il faut s'arranger de telle manière, que les cylindres soient sur toute leur surface en contact immédiat avec la flamme qui circule tout autour, pour que tous les points du métal soient également chauffés, afin de rendre les dilatations uniformes et éviter les ruptures.



1237.



1238.

Tous les joints de l'appareil producteur étant bien lutés avec de l'argile mêlée de crottin de cheval et recouverte de terre franche, le bout antérieur seul étant ouvert, on charge à la pelle le sel marin, on adapte ensuite l'obturateur B (fig. 1235 et 1236), puis on introduit dans son ouverture *d* un entonnoir courbe C en plomb, à l'aide duquel on verse l'acide dans le cylindre. Cela fait, on retire l'entonnoir et on bouche l'ouverture avec un tampon en grès qu'on lute avec soin. Le feu est mis alors au foyer D, on a soin de ne l'augmenter que peu à peu. On emploie, de préférence à la houille, de la tourbe et du bois qui donnent une température plus uniforme dans toutes les parties des cylindres.

La réaction s'opère peu à peu et l'acide hydrochlorique qui se dégage par les allonges *a*, *a'*, entraîne avec lui un peu de vapeur aqueuse; ces gaz rencontrent dans chaque vase de condensation de l'eau à une température plus basse que la leur, aussi se condensent-ils rapidement. Lorsqu'il ne se dégage plus rien, quoique la température des cylindres soit au rouge-brun, on enlève les disques B, B', qui bouchent l'entrée des cylindres, et on ôte le sulfate de soude avec des pinces, pour recharger de nouveau l'appareil et recommencer une autre opération.

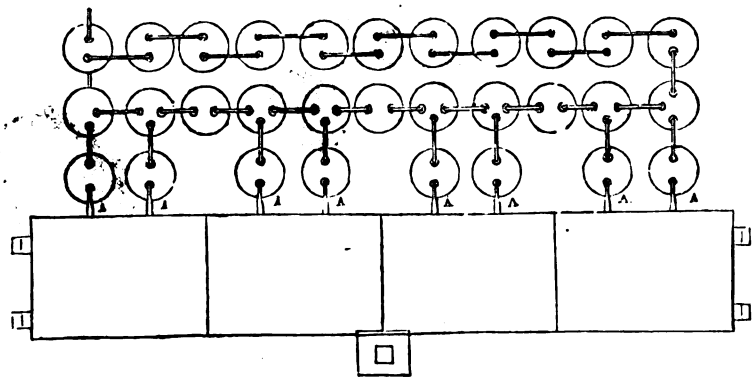
Les appareils de condensation se composent de bonbonnes en grès. Chaque cylindre, comme l'indique la fig. 1236, est réuni par une allonge avec une bouteille à deux tubulures servant à laver le gaz qui se dégage; chacune des bonbonnes de lavage communique par un tube recourbé avec une seconde bonbonne où se rendent les gaz non condensés dans la première. Toutes les secondes bonbonnes communiquent entre elles, et les gaz non dissous dans cette rangée de bouteilles, se rendent dans une autre rangée semblable, jusqu'à entière dissolution. Afin de mieux condenser l'acide hydrochlorique, on fait quelquefois plonger les premières bouteilles dans un bassin plein d'une eau qui se renouvelle continuellement; cette disposition est mauvaise, car la dissolution acide obtenue dans ces bouteilles est la plus impure, et les gaz qui y arrivent étant très chauds, il pourrait y avoir rupture des bonbonnes. Il serait de beaucoup préférable de refroidir la seconde rangée de bouteilles où se condense l'acide hydrochlorique le plus pur; celui dissous dans les laveurs contenant toujours du perchlorure de fer qui colore en jaune sa dissolution, de l'acide sulfurique et du sulfate de soude.

Une fois que les bonbonnes sont saturées, il faut les remplacer par d'autres à moitié pleines d'eau, de là un dérangement continuel qui nécessite beaucoup de main-d'œuvre. Pour éviter cet inconvénient on a essayé l'emploi de condenseurs fixes formés d'une double rangée de bonbonnes où, comme dans les condenseurs ordinaires, le gaz passe sans pression : chaque bouteille porte à sa partie inférieure une tubulure ordinaire garnie d'un bouchon en liége, ou mieux, d'un robinet en grès. Une gouttière en bois bituminé, à laquelle on donne une légère pente, se trouve entre les deux rangées de bouteilles, de telle manière qu'on peut y faire couler le liquide de chacune d'elles pour le recueillir dans un réservoir. Quand l'une des bonbonnes est saturée, on la vide par l'ouverture inférieure, et on remplace le liquide acide par de l'eau pure qu'on introduit par une tubulure libre qui se trouve au sommet de la bouteille, et qu'on bouche ensuite soigneusement. Par cette disposition on n'a pas besoin de luter et déluter continuellement les joints, aussi les fait-on d'une manière plus solide en employant le soufre fondu qu'on recouvre, quand il s'est solidifié, d'une couche d'argile broyée avec de l'huile de lin lithargirée.

Ce nouvel appareil de condensation nécessite des bonbonnes plus coûteuses, en raison de leur plus grand nombre de tubulures; en outre, pendant la vidange, la coulotte en bois qui reçoit l'acide concentré, n'étant pas fermée, il se dégage des torrents de vapeurs acides qui gênent les ouvriers et incommodent le voisinage. Il serait bon de remplacer la conduite en bois goudronné par une rigole en grès qui ne serait pas attaquée par l'acide, si toutefois on ne préférait la supprimer et soutirer directement l'acide concentré de chaque bonbonne dans une tourie d'emballage. On a essayé, dans ces derniers temps, un appareil de condensation stable et méthodique, dans lequel les gaz marchaient en sens contraire de l'eau. Cette disposition représentée fig. 1239

Digitized by Google

était obtenue à l'aide de syphons à branches égales et continuellement amorcés, qui mettaient en communication le liquide de toutes les bouteilles, et par conséquent y établissaient le même niveau. Des tubes recourbés conduisaient les gaz d'une bouteille dans l'autre : la bouteille en communication directe avec les cylindres était évidemment la première saturée ; une fois le point de



1239.

saturation obtenu dans cette première bouteille, on la vidait à l'aide d'un syphon-robinet, d'un diamètre plus grand que celui des syphons de communication ; cette bonbonne vidée, le liquide de la seconde y était amené par le syphon qui les réunissait ; celui de la troisième passait dans la seconde, et ainsi de suite ; la dernière bouteille était en communication avec un réservoir d'eau, à niveau constant, qui la remplissait à moitié. De cette manière le travail des ouvriers était réduit considérablement, l'acide concentré n'était point exposé à l'air ; on évitait ainsi les émanations délétères d'acide hydrochlorique.

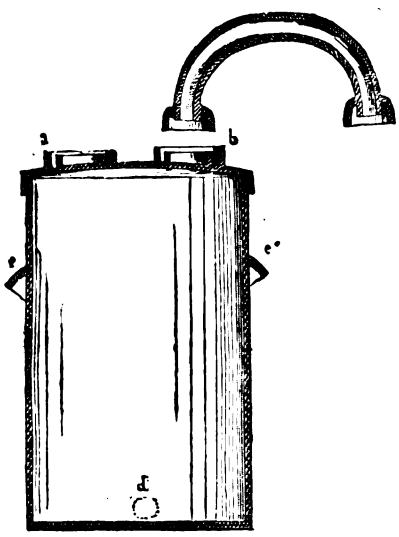
Il n'est pas à notre connaissance que l'emploi de ce dernier procédé ait complétement réussi, et qu'il soit employé aujourd'hui.

En Angleterre, on fait usage depuis quelques années de bouteilles en grès cylindriques ayant à peu près le diamètre des bonbonnes, mais d'une hauteur de près d'un mètre. Sans tenir plus de place que ces dernières, elles offrent, en raison de leur forme et de leur élévation, une capacité beaucoup plus considérable, ce qui est toujours d'un grand avantage dans une fabrique de produits chimiques, surtout quand l'espace manque.

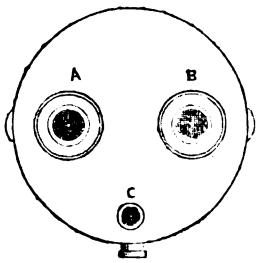
Ces vases, représentés en coupe verticale par la figure 1240, et en plan par la fig. 1241, sont percés, à leur partie supérieure, de trois ouvertures. Les deux grandes *a*, *b*, sont garnies d'une gorge circulaire dans laquelle vient s'engager l'une des extrémités des tubes de communication qui servent à l'arrivée et à la sortie du gaz. La fig. 1242 représente la coupe d'un de ces tuyaux ; l'intérieur de la gorge est rempli d'eau, ce qui produit une fermeture hydraulique. La troisième ouverture *c*, est destinée à placer un entonnoir en grès pour remplir d'eau la bouteille. A la partie inférieure se trouve un ajutage auquel on fixe un robinet en grès pour la vidange de l'appareil : deux anses *c*, *c'*, facilitent la manœuvre de ces bouteilles.

Dans la fabrication de l'acide hydrochlorique, l'appareil producteur a une durée limitée ; aux environs de la ligne de niveau du mélange, la fonte des cylindres est attaquée facilement : là, en présence de l'eau et de l'air, l'oxydation est plus facile que partout ailleurs ; une fois que les cylindres sont usés en cet endroit, on les retourne d'un quart de révolution de manière à changer la ligne de niveau. Dans une ou deux fabriques on a

1242.



1240.

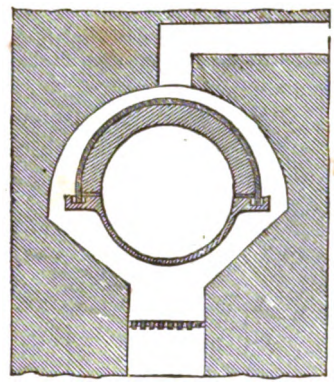


1241.

remplacé les cylindres ordinaires par d'autres dont la disposition est indiquée par la fig. 1243. Comme on le voit le cylindre est partagé en 2 parties, la partie supérieure est garnie d'une voûte en brique réfractaire ; de cette manière le niveau du liquide n'est plus en contact avec la fonte. Les cylindres ainsi disposés résistent beaucoup plus longtemps que les autres. Pour éviter autant que possible la destruction de ces cylindres, on emploie de l'acide sulfurique concentré qui agit peu sur le fer, il

Digitized by Google

est vrai qu'alors l'attaque du sel est moins complète, mais cet inconvénient n'est pas grave, car le sulfate de



1243.

soude, résidu des opérations, est employé pour la préparation de la *soude salée*, dite *des blanchisseurs*, ce qui fait qu'on emploie, même avec intention, un excès de sel marin.

Dans chaque cylindre, on met 160 kilogr. de sel, et 130 kilogr. d'acide sulfurique à 66° Beaumé. On obtient de 100 parties de sel, 130 p. d'acide hydrochlorique, ce qui fait à peu près 39 p. d'acide gazeux; comme, d'un autre côté, le sel, livré aux fabricants, contient des matières étrangères et un peu d'eau, il ne représente que 9,95 de sel pur, qui équivalent à 43 p. 100 d'acide réel : on en obtient 39; il n'est donc guère possible en grand, d'arriver à un résultat plus avantageux.

Il est utile de remarquer que le sel marin, qui se trouve en cubes juxta-posés, présentant des lamelles entre lesquelles se trouvent des vides nombreux, est, par cette raison, facilement attaquable par l'acide sulfurique : il n'en est point ainsi du sel gemme, qui, dans les mêmes circonstances, se décompose fort mal, même quand il est en poudre, aussi ne rend-il que les 2/3 de son équivalent d'acide hydrochlorique, en même temps qu'une partie de l'acide sulfurique passe, en distillant, dans les condenseurs.

Pour éviter cette double perte, on trouve qu'il est avantageux, quand on est forcé d'employer le sel gemme, pour la production de l'acide hydrochlorique, de le dissoudre, et d'employer dans ce but, les dissolutions concentrées.

Nous terminerons ce que nous avions à dire sur l'acide hydrochlorique en rappelant brièvement ses principales applications.

Cet acide sert à la préparation du chlore, à celle des chlorures décolorants et désinfectants; l'extraction de la gélatine des os en consomme d'énormes quantités; la fabrication du sel ammoniac et celle du protochlorure d'étain l'utilisent également. Enfin, la préparation de l'eau régale, la destruction des incrustations calcaires qui se déposent dans les conduites de distribution des eaux calcaires, et la fabrication des eaux gazeuses, en emploient aussi de notables quantités.

F. CH. K.

ACIDE HYDRO-FLUORIQUE. Voyez FLUORURES.

ACIDE HYDRO-SULFURIQUE. Voyez HYDROGÈNE SULFURÉ.

HYDROGÈNE (*angl.* hydrogen, *all.* wasserstoff). Corps simple gazeux, l'un des principes constituants de l'eau. Il est inodore, incolore, insoluble dans l'eau, très inflammable, et lorsqu'il est pur il brûle dans l'air ou l'oxygène, avec une flamme bleuâtre très pâle, en donnant de l'eau. Sa densité est de 0,0688 ou 1/14 environ de celle de l'air, ce qui l'a fait employer pour gonfler les aérostats. On le prépare en décomposant l'eau et en la faisant passer en vapeur sur de la tournure de fer chauffée au rouge qui absorbe l'oxygène pour former de l'oxyde de fer magnétique, ou, le plus souvent, en faisant réagir un acide étendu d'eau sur un métal facilement oxydable. On emploie ordinairement de l'acide sulfurique étendu et de la grenaille de zinc ou du fer; l'affinité de l'acide pour l'oxyde métallique détermine la décomposition d'une certaine quantité d'eau dont l'oxygène se porte sur le métal pour former un oxyde qui se combine avec l'acide en donnant un sel, tandis que l'hydrogène mis en liberté se dégage.

L'hydrogène, en se combinant avec d'autres corps simples, donne naissance à une classe très importante d'acides dits HYDROCIDES.

HYDROGÈNE CARBONÉ. On distingue un grand nombre de combinaisons de l'hydrogène avec le carbone, telles sont beaucoup d'huiles essentielles, etc.; nous ne parlerons ici que des deux plus importants, l'*hydrogène proto-carboné* ou *gaz des marais* et l'*hydrogène bi-carboné*, qui sont tous deux gazeux.

Hydrogène proto-carboné. Gaz incolore, insipide, insoluble dans l'eau, et brûlant avec une flamme jaunâtre; sa densité = 0,559. Il se dégage des marais ou eaux stagnantes lorsqu'on en remue la vase. Il s'en forme une grande quantité par la distillation de la houille, et en général des matières organiques, et il constitue en majeure partie le gaz d'éclairage. Il se dégage même souvent, à la température ordinaire, dans l'intérieur des mines de houille, où il est connu sous le nom de *grisou*, et en se mêlant à l'air donne quelquefois lieu à des mélanges explosifs dont l'inflammation produit de terribles désastres. Voyez HOUILLE et LAMPE DE SURETÉ.

Hydrogène bi-carboné. Gaz incolore, d'une odeur empyreumatique, très peu soluble dans l'eau, inflammable et brûlant avec une flamme blanche fuligineuse. Sa densité est de 0,986. On le prépare en chauffant ensemble 1 partie d'alcool et 4 p. d'acide sulfurique concentré, puis purifiant le gaz qui se dégage en l'agitant successivement avec une dissolution de potasse, de l'alcool faible et de l'eau.

HYDROGÈNE SULFURÉ. Gaz non permanent, incolore, d'une saveur et d'une odeur fétide tout à fait les mêmes que celles des œufs pourris. Sa densité = 1,1912. Il est inflammable et brûle avec une belle flamme bleue; il est très délétère. Lorsqu'on le mêle avec la moitié de son volume d'acide sulfureux, surtout en présence de l'eau, ces deux gaz se détruisent complétement, et il se forme de l'eau et du soufre. Il est soluble dans l'eau qui en dissout trois fois son volume.

Le chlore, l'iode et le brôme, le décomposent spontanément en donnant lieu à un dépôt de soufre et à la formation d'acides hydrochlorique, hydriodique et hydro-bromique. La meilleure manière de désinfecter l'air chargé d'hydrogène sulfuré est d'y répandre du chlore; c'est aussi le moyen le plus sûr de rappeler à la vie les personnes asphyxiées par le gaz, comme cela n'arrive que trop souvent dans la vidange des fosses d'aisances.

On le prépare en décomposant un grand nombre de sulfures par des acides. Le plus souvent on se sert de sulfure de fer et d'acide sulfurique étendu d'eau, ou de sulfure d'antimoine et d'acide hydrochlorique concentré.

HYDROGRAPHIE. L'hydrographie embrasse dans son ensemble l'étude de tous les faits produits par les eaux à la surface du globe.

Digitized by Google

Dans son application à la navigation, elle fournit aux marins les cartes hydrographiques, et des mémoires explicatifs qui servent de complément aux cartes marines, et dans lesquels se trouvent annotées toutes les circonstances qu'il importe aux navigateurs de connaître.

La géométrie démontre que la surface d'une sphère n'est pas développable sur un plan, il en résulte donc qu'il est impossible de reproduire par une même projection plane, le figuré exact du terrain sans en altérer, soit les formes, soit les dimensions. Devant cette impossibilité de construire des cartes reproduisant d'une manière complète tous les accidents du sol, les besoins de chaque service ont conduit à des systèmes de projections différentes.

Les projections sont *perspectives* ou par *développements*. Les premières ne sont employées que fort rarement, et lorsque l'on veut projeter sur une même carte l'étendue entière de tout un hémisphère. Dans les secondes viennent se ranger toutes les cartes géographiques et hydrographiques destinées au service de la guerre et de la marine.

Dans les *projections perspectives* on suppose la sphère creuse et l'œil placé soit en dehors, soit sur un point de la surface. La projection est formée par la rencontre successive de tous les rayons, partant de l'œil et allant aboutir à chacun des points du globe, avec le plan de projection qui est en général lui-même un des grands cercles de la sphère. Dans le premier cas, ces sortes de projections sont dites *orthographiques;* dans le second cas, elles prennent le nom de *stéréographiques*. En général, dans les projections stéréographiques, on suppose l'œil placé à une distance infinie; alors tous les rayons visuels sont parallèles et l'on choisit pour plan de projection le grand cercle de la sphère perpendiculaire à tous ces rayons.

Les *projections par développements* sont les seules employées lorsque la portion de terrain que l'on veut projeter est circonscrite dans des limites assez rapprochées. Elles sont *coniques* ou *cylindriques*, suivant que l'on suppose la zone que l'on veut projeter, enveloppée par un cône ou un cylindre dont la base est, en général, le parallèle moyen, c'est-à-dire le petit cercle de la sphère parallèle à l'équateur et qui passe par le milieu de la zone qu'il s'agit de projeter.

Les *projections coniques* représentent le développement d'un cône tronqué, inscrit ou circonscrit à la zone qu'il s'agit de projeter. Les méridiens y sont représentés par des lignes droites allant toutes concourir vers un même point; les parallèles y sont projetés suivant des arcs de cercle concentriques, dont le point de concours des méridiens est le centre commun.

Il est facile de comprendre que dans ce système de projection tous les contours de terrain sont fidèlement reproduits sur la carte. Si, en effet, on divise par la pensée la surface du sol en petits quadrilatères rectangles, formés par la rencontre de deux méridiens et de deux parallèles très rapprochés, on voit que ces rectangles que l'on peut multiplier autant qu'on le voudra, en les faisant très petits, s'y trouveront projetés suivant des quadrilatères aussi rectangulaires, formés par deux lignes droites et deux arcs de cercle; leur contour ne sera donc point déformé; mais les distances des différents points entre eux se trouveront fortement altérées. Si, en effet, la projection résulte du développement d'un tronc de cône inscrit, ayant pour bases les deux parallèles extrêmes de la zone, les distances y seront projetées suivant leur véritable grandeur vers les extrémités de la carte, tandis que dans le centre elles seront trop petites. Si la projection résulte du développement d'un tronc de cône circonscrit s'appuyant sur le parallèle moyen tangentiellement a la zone, les distances ne sont exactement reproduites que vers le centre de la carte, tandis qu'elles sont toutes trop grandes vers les extrémités.

Pour obvier à cet inconvénient des projections coniques par développements, on leur a fait subir plusieurs modifications. Dans le système dit *projection de Flamsteed*, un seul méridien se projette suivant une ligne droite, c'est le méridien qui passe par le centre de la zone dont on veut dresser la carte. Les parallèles y sont représentés par des lignes droites perpendiculaires à la projection du méridien central. Les autres méridiens y sont projetés suivant des courbes interceptant entre elles des parties de parallèles qui représentent la grandeur réelle des arcs de petits cercles compris entre ces méridiens. Dans ce nouveau système, les distances des différents points du globe entre eux sont conservées, mais à mesure que l'on s'éloigne du méridien central; les courbes représentant les autres méridiens, coupent les parallèles sous des angles de plus en plus aigus; les petits rectangles de la sphère se trouvent projetés suivant des quadrilatères obliquangles, et les contours se trouvent déformés.

Dans le système de projection adopté pour la nouvelle carte de France, dressée par les officiers du dépôt de la guerre, le méridien central se projette encore suivant une ligne droite, mais les parallèles sont des arcs de cercle concentriques: les autres méridiens sont, comme précédemment, représentés par des courbes interceptant entre elles des parties de parallèles circulaires qui représentent la grandeur réelle des petits cercles de la sphère compris entre ces méridiens. Ce système reproduit tous les avantages et une partie des inconvénients du précédent; cependant les petits rectangles de la sphère sont projetés par des petits quadrilatères qui restent sensiblement rectangulaires lorsque l'on ne s'éloigne pas trop du méridien central; il est connu sous le nom de *projection de Flamsteed modifiée* ou *du dépôt de la guerre*.

Le système de projection employé pour la construction des cartes hydrographiques diffère totalement des précédents. Ce qu'il importe surtout aux marins, c'est de pouvoir toujours fixer sur une carte, par des moyens faciles, la position que le vaisseau occupe à la surface des eaux, et de consulter ensuite la direction qu'ils doivent suivre pour arriver sûrement à leur destination. La possibilité d'y mesurer d'une manière exacte les distances n'est plus, pour les cartes marines, qu'une qualité secondaire, et si, pour satisfaire à tous les besoins de la navigation, le système de projection que l'on emploie doit encore reproduire d'une manière exacte les contours des côtes et les positions respectives des différents points de la terre qui s'aperçoivent de la mer, il faut aussi qu'il satisfasse à des conditions tout exceptionnelles.

Toutes les cartes marines sont des *projections par développements cylindriques*. On en distingue deux espèces désignées sous le nom de *cartes plates*, et *cartes réduites*.

Cartes plates. Lorsque la zone terrestre que l'on veut projeter sur un plan est comprise entre deux parallèles fort rapprochés, on peut le considérer comme étant un élément d'un cylindre droit qui aurait pour base le parallèle moyen; et alors, en déroulant cet élément cylindrique suivant une de ses génératrices, les méridiens et les parallèles se trouvent projetés suivant deux systèmes de lignes parallèles et perpendiculaires entre elles. Les projections des parties de parallèles comprises entre deux mêmes méridiens sont toujours trop grandes ou trop petites vers les extrémités de la carte, tandis que les arcs de méridien compris entre les mêmes parallèles sont toujours projetés proportionnellement à leur grandeur réelle. Il en résulte que, dans ce système de projection, qui est celui employé pour les cartes plates, les contours du terrain, ainsi

Digitized by Google

que les distances des différents points, se trouvent fortement altérés si l'on veut y représenter un espace assez étendu de terrain. Aussi le système des cartes plates n'est employé par les marins que lorsque la partie du globe que l'on veut projeter est suffisamment petite, pour qu'elle se confonde sensiblement avec le plan mené tangentiellement à la sphère au point central. Dans ce cas-là, on se dispense même, en général, de tracer les méridiens et les parallèles. Une échelle placée dans un coin de la carte suffit pour pouvoir mesurer les distances, et la carte prend le nom de *plan*.

Cartes réduites. Le système des cartes plates ne présente un degré suffisant d'exactitude que lorsque les deux parallèles extérieurs de la zone que l'on veut projeter sont excessivement rapprochés. Il n'a plus d'utilité, lorsque l'on veut figurer sur une même carte des étendues considérables. C'est pour cela que l'on a eu recours au système de *projection* dit de *Mercator*, et qui est en usage pour la construction des *cartes réduites*.

Supposons qu'il s'agisse de projeter la moitié d'un hémisphère, on pourra toujours la diviser en tranches déterminées par des plans parallèles à l'équateur, interceptant entre eux des arcs égaux de méridien d'une minute par exemple, et ensuite projeter chacune de ces tranches suivant le système des cartes plates, de manière à ce que la projection de chaque partie de parallèle comprise entre deux mêmes méridiens, représente en longueur une même portion de l'arc réel. Chacune de ces petites cartes plates formera un rectangle très allongé, mais dont les bases seront nécessairement inégales, puisque toutes ces cartes auront la même échelle, et que les parallèles développés dans chacune d'elles deviendront de plus en plus petits, à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Si actuellement nous voulions, sans déformer tous ces rectangles, les agrandir, de manière à ce que chacune des bases représentant un parallèle différent devint égale à la ligne représentant la projection de l'équateur, il faudrait faire croître dans la même proportion que la base, le petit côté représentant la projection d'une minute de méridien; et alors toutes ces cartes plates partielles réunies bout à bout formeraient une seule et même carte, dans laquelle tous les contours des terres seraient encore fidelement reproduits. Mais il est évident aussi qu'une même grandeur, celle de l'arc de méridien d'une minute, se trouvant représentée en projection sur chacune de ces cartes plates par une ligne de grandeur différente, les distances seront projetées sur chacune d'elles, suivant une proportion différente.

Nous avons supposé que l'arc de méridien intercepté par les parallèles était d'une minute; mais actuellement nous pouvons le supposer infiniment petit, et supposer de même le nombre des tranches qu'ils interceptent infiniment grand, et nous aurons une carte composée d'une infinité de petites cartes plates ayant toutes des échelles différentes. C'est ce qui constitue la *carte réduite*.

Ainsi les propriétés particulières au système de projection de Mercator employé dans les cartes réduites sont celles-ci : les méridiens et les parallèles se projettent suivant deux systèmes de lignes parallèles perpendiculaires entre elles. Les contours du terrain y conservent leurs formes; mais l'échelle de la carte ne reste uniforme que sur un même parallèle. Les lignes suivant lesquelles se projettent les arcs de même grandeur d'un même méridien vont constamment en croissant, suivant une loi dite des *latitudes croissantes;* et l'on ne peut obtenir au moyen de la carte la distance de deux objets qui y sont projetés que d'une manière imparfaite, en se servant de l'échelle de latitude comprise entre les deux parallèles passant par ces deux points. Aussi, comme il est facile de le voir, ce système de projection ne réunit qu'une partie des qualités qu'offre le système de Flamsteed modifié; mais ce qui le rend très précieux pour les marins, ce sont les deux propriétés suivantes qui lui sont particulières : 1° les méridiens et les parallèles se projetant suivant des lignes droites; 2° la courbe dite *loxodromie*, qui est celle que parcourt un vaisseau lorsqu'il va d'un point à un autre (voyez NAVIGATION), et qui jouit de la propriété de faire toujours le même angle avec tous les méridiens, se projette toujours suivant une ligne droite, et de plus l'angle que fait la projection des méridiens avec celle de la loxodromie est égal à celui que cette courbe fait sur le globe avec chacun des méridiens qu'elle rencontre. Ces deux propriétés sont, en effet, d'autant plus précieuses pour les marins que, lorsqu'ils ont calculé leur longitude et leur latitude, il leur suffit de tracer deux lignes droites pour fixer sur leur carte le point que le navire occupe à la surface des eaux, et ensuite en joignant ce point avec celui où ils veulent arriver; l'angle que cette ligne fait avec les projections des méridiens leur fait connaître la direction que doit suivre le navire pour atteindre le port.

En général, les positions de tous les points du globe pouvant être déterminées par leur longitude et leur latitude, on peut construire une carte dans un système de projection quelconque dont on sait tracer les méridiens et les parallèles. Dans toute construction de carte un peu étendue, on procède, en effet, de cette manière. Toutefois ce mode de tracer une carte étant, en général, très long, on se contente de fixer les points principaux, et les détails s'intercalent ensuite par des réductions partielles.

Lorsque l'on veut lever une carte, on établit sur le terrain des lignes de triangles ayant tous au moins un côté connu; la mesure d'une base et l'observation des angles de ces triangles permettent ensuite de fixer la longitude et la latitude des points qui sont à leurs sommets. Ces triangles ne sont jamais suffisamment grands pour que l'on ne puisse considérer la partie du terrain que chacun d'eux embrasse, comme étant un plan dont les détails sont levés à la planchette. Pour construire la carte, on procède, en général, d'une manière analogue. On dresse le plan de chaque partie séparée; ce qui présente peu de difficultés, attendu que ces zones sont toujours assez petites pour qu'elles se confondent sensiblement avec le plan mené tangentiellement à la surface du globe par leur centre. Ensuite, on réunit tous ces plans pour les réduire sur la carte par parties séparées, en s'appuyant sur les points principaux que l'on a placés à l'avance, au moyen de leurs longitudes et latitudes.

Le travail qui se fait à la mer pour la construction des cartes marines est assujetti à la position des points saillants de la côte, et qui s'aperçoivent de la mer; il consiste à fixer sur la carte la position des dangers de toute espece, qui ne sont nulle part aussi nombreux qu'aux approches des terres, à indiquer aux marins la profondeur de l'eau, et la nature du fond qu'elle recouvre. En général, ces données ne sont importantes à connaître pour la navigation que près du rivage. Cependant il arrive quelquefois qu'il existe des dangers au large et hors de vue de toute terre; souvent aussi le fond de la mer présente peu de profondeur à des distances considérables du rivage, et il est important que les marins puissent en connaître à l'avance le barrage. Pour tout le travail qui se fait à la mer, en dehors de la vue du rivage, on est obligé de préciser la longitude et la latitude pour ainsi dire de chaque sonde. Toutefois comme ces déterminations sont toujours longues, difficultueuses, et qu'elles exigent toujours des circonstances toutes particulières pour présenter un caractère suffisant d'exactitude, on y a recours

Digitized by Google

rarement, et seulement lorsqu'il s'agit de fixer la position de un ou plusieurs points isolés. On tâche autant que possible de réunir sur le même lieu plusieurs bâtiments que l'on mouille à des distances calculées les uns des autres, lorsque l'on a de grands espaces à sonder. Ces bâtiments, dont on fixe la position en les joignant par une triangulation, et dont on détermine la longitude et la latitude, servent ensuite à fixer les sondes faites par les embarcations de la même manière que les points saillants du rivage.

Il n'est pas possible, du reste, de décrire, si ce n'est d'une manière très générale, toutes les opérations au moyen desquelles on peut parvenir à lever et à dresser une carte marine; car elles varient nécessairement suivant les circonstances et les moyens dont peut disposer l'hydrographe. Lorsque le pays dont on veut lever la carte marine laisse toute facilité pour y pénétrer et y établir un réseau géodésique, toutes ces opérations hydrographiques s'y rattachent facilement, et on peut espérer arriver à des travaux aussi parfaits que possible. Le travail hydrographique des côtes de France, exécuté de nos jours par les ingénieurs hydrographes de la marine, peut servir de modèle en ce genre; c'est le travail le plus complet que l'on connaisse en hydrographie. Mais il arrive aussi que le navigateur ne peut aborder nulle part sur la côte qu'il lui importe de reconnaître, et alors tout le travail doit s'exécuter de la mer avec des procédés beaucoup moins parfaits.

Dans les cartes hydrographiques, la profondeur des eaux est exprimée par des chiffres. Sur les anciennes cartes, ces chiffres indiquent des brasses et des pieds de France; mais aujourd'hui les indications sont données en mètres et en décimètres, lorsqu'il importe aux marins de connaître le brassiage avec beaucoup d'exactitude. Pour reconnaître la nature du fond, les ingénieurs hydrographes qui vont sur les lieux emportent de longues barres en fer appelées *lances*, surmontées d'un poids considérable, et garnies d'échancrures destinées à retenir des petites parties du terrain dans lequel elles ont pu pénétrer. Enfin, afin de faciliter au marin la possibilité de reconnaître le point sur lequel il veut atterrir, un grand nombre de cartes marines sont garnies de projections orthogonales, espèces de panoramas où la côte est représentée avec ses formes, telle qu'on la voit de la mer à une distance déterminée et dans une direction ou rhumb de vent fixe. En général, les détails topographiques que l'on ajoute aux cartes marines n'ont point pour but de figurer d'une manière exacte, par des courbes de niveau, le relief du terrain, comme dans les cartes géographiques; on exagère avec intention tous les points saillants du rivage qui s'aperçoivent de la mer; car ce sont les seuls qu'il importe au navigateur de connaître.

Pour les cartes géographiques, on a adopté depuis longtemps des échelles fixes; les cartes marines ne sauraient être astreintes aux mêmes règles d'une manière absolue. D'abord les cartes réduites n'ont jamais d'échelle uniforme; les distances égales sont toujours projetées suivant des lignes inégales et dépendantes de la latitude. Les cartes plates et les plans ne sont employés que pour donner avec beaucoup de détails les parties de la mer, telles que les entrées des ports, les embouchures de rivières, où les écueils sont nombreux, les passages souvent étroits et sinueux. Par suite, l'échelle de proportions ne saurait être fixée d'une manière précise à l'avance; elle est d'autant plus grande que la carte doit comporter plus de détails.

Il est toujours difficile de contrôler à l'avance l'exactitude d'une carte marine, et souvent ses défauts ne sont constatés que par des accidents graves. Aussi presque de tout temps le gouvernement, en France, s'est réservé le droit exclusif de les publier. Toutes les cartes marines, dressées au dépôt général de la marine, sont livrées au commerce à un prix tellement modique qu'il couvre à peine les déboursés faits pour le tirage et l'achat du papier. Le corps des ingénieurs hydrographes s'occupe exclusivement de leur construction. Plus de mille planches en cuivre, sur lesquelles sont gravées les cartes marines formant le Recueil de l'hydrographie française, composent le matériel de l'imprimerie du dépôt de la marine : elles embrassent l'étendue entière de toutes les mers du globe; et à mesure qu'un danger ou une découverte quelconque pouvant intéresser la navigation se trouve signalé, on se hâte de l'inscrire sur la planche en cuivre de la carte. Plusieurs nations, telles que l'Angleterre et l'Espagne, possèdent aussi des dépôts hydrographiques; mais, dans aucun pays du monde, le commerce ne peut se procurer des cartes à un prix aussi bas qu'en France, grâce à la libéralité du gouvernement qui en fait les frais.

Voici les principaux signes conventionnels adoptés par les ingénieurs hydrographes de la marine, et employés pour les cartes et plans du nouveau Neptune français :

Les profondeurs de l'eau sont rapportées au niveau des plus basses mers observées sur les principaux points de la côte.

Les élévations des plages, ainsi que celles des dangers isolés qui couvrent et découvrent au-dessus du niveau des basses mers, sont toujours exprimées par des chiffres soulignés. On écrit les élévations des petits dangers isolés, entre parenthèses, près de leurs positions.

Les diverses natures du fond de la mer sont exprimées ordinairement au moyen des abréviations suivantes :

S. — Sable.
S. f. — Sable fin.
S. bl. — Sable fin blanc.
S. gris — Sable fin gris.
g. S. — gros Sable.
Gr. — Gravier.
g. Gr. — gros Gravier.
Gal. — Galets.
Pi. — Pierres.
g. Pi. — grosses Pierres.
R. — Roches.
R. inég. — Roches inégales.
R. déc. — Roches qui sont en état de décomposition, et que les marins nomment roches pourries et roches molles.
Ard. — Ardoises ou roches schisteuses.
T. — Tuf.
Cor. — Corail.
Mad. — petits Madrépores ramifiés de couleur rouge, que l'on trouve ordinairement sur les fonds argileux.
Mad. j. — petits Madrépores roulés et décolorés, formant une espèce de gravier jaunâtre.
Coq. — petites Coquilles.
g. Coq. — grosses Coquilles.
Coq. br. — Coquilles brisées.
Coq. moul. — Coquilles moulues.

NOTA. On indique l'espèce des coquilles rapportées par le plomb de sonde, lorsque la même espèce se trouve en masse sur une grande étendue du fond de la mer.

Arg. — Argile bleue compacte.
V. — Vase verdâtre.
V. j. — Vase jaunâtre.
V. n. — Vase noirâtre.
V. d. — Vase dure.
V. m. — Vase molle.
F. v. — Fange verte ou vase molle fétide.
F. n. — Fange noire.
S. V. c. — Sable vaseux compacte.

Digitized by Google

Goë. — Goëmon. On désigne sous ce nom toutes les plantes marines qui croissent sur les roches et les pierres.

Al. — Algue. On désigne sous ce nom l'espèce de plante marine, mince et longue, qui croît dans les fonds de sable vaseux, et qui empêche souvent les ancres de prendre et de tenir.

Herb. — Herbier. Fond vaseux couvert par de petites plantes marines, dans lequel les ancres prennent facilement et tiennent bien.

Quand le plomb de sonde a rapporté un fond mélangé, on écrit d'abord la qualité de fond qui domine. Ainsi *S. V.* indique un mélange de sable et de vase dans lequel le sable domine, et *V. S.* un mélange de même nature dans lequel la vase domine.

Un trait mis au-dessous de l'indication d'une qualité de fond signifie peu. Ainsi S. V. indique du sable mêlé d'une petite quantité de vase, et V. S. de la vase mêlée d'une petite quantité de sable.

Lorsqu'on a reconnu, au moyen des lances, que la qualité vraie du fond diffère de la qualité apparente donnée par le plomb de sonde ordinaire, on écrit la qualité vraie entre parenthèses. Ainsi, pour exprimer que l'on a trouvé, avec une lance, des roches couvertes par de la vase molle, sur un point où le plomb de sonde ordinaire indiquait seulement de la vase molle, on écrit, près du chiffre de sonde, *V. m.* (*V. m. R.*); et, pour exprimer que l'on a trouvé de l'argile au-dessous d'une couche de petits madrépores ramifiés rouges, on écrit *Mad.* (*Mad. Arg.*).

On limite, sur les cartes et sur les plans dressés sur une grande échelle, les fonds de sable et de vase sur lesquels il reste moins de 9 mètres d'eau de basse mer par des traits fins interrompus. On subdivise les grands plateaux que donne cette limite, qui est celle des parties navigables pour des vaisseaux, au moment de la basse mer, en trois classes de bancs, en raison du brassiage.

La première classe est formée des parties sur lesquelles il reste moins de 3 mètres d'eau.

La deuxième classe, des parties sur lesquelles il reste depuis 3 mètres d'eau jusqu'à 6 inclusivement.

La troisième classe, des parties sur lesquelles il reste depuis 6 mètres d'eau jusqu'à 9 mètres inclusivement.

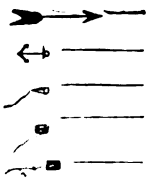
On met ordinairement sur les bancs de cette espèce des teintes plates, de forces différentes, qui facilitent l'intelligence des cartes et des plans.

Lorsque deux objets terrestres remarquables se trouvent dans la même direction qu'un danger, dont il est important de faire connaître avec exactitude la position aux navigateurs, on indique cette direction par une ligne.

On indique les directions des passes par deux lignes très rapprochées l'une de l'autre.

On représente en élévation les églises, tours, phares, balises, moulins à vent, et autres objets remarquables qui sont visibles de la mer.

Les églises qui ne se voient pas de la mer, quoique situées près de la côte, sont représentées par le signe suivant ✝. On emploie encore les signes suivants :



Directions des courants.

Mouillages.

Bouées.

Tonnes.

Tonnes.



Roches qui ne couvrent jamais.

Ces roches sont figurées en plan et ombrées; on entoure de points celles qui sont petites et isolées, afin de les rendre plus visibles.

Roches qui couvrent et découvrent.

Ces roches sont figurées en plan et ombrées; on entoure de points celles qui sont petites et isolées, afin de les rendre plus visibles.

Quand l'élévation d'une roche de cette espèce au-dessus du niveau des plus basses mers est connue, on écrit cette élévation, en pieds de France, près de la roche; on souligne le chiffre qui l'indique, et on le met entre parenthèses, pour le distinguer des chiffres de sonde qui expriment les profondeurs de l'eau, ainsi que des chiffres soulignés qui expriment les élévations des plages et bancs qui couvrent et découvrent.

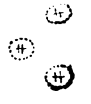


Roches isolées qui ne découvrent pas, mais sur lesquelles les bâtiments peuvent échouer.

Quand le brassiage des roches de cette espèce est connu, on l'écrit en dedans des points, lorsque cela est possible.



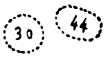
Roches dangereuses, dont on n'a pas pu avoir exactement le brassiage.



Roches dangereuses dont l'existence est certaine, mais dont les positions sont douteuses.



Roches dont l'existence est incertaine.



Les fonds de roche isolés qui se trouvent dans les mouillages, de même que les grands plateaux de sable ou de roche sur lesquels les navigateurs doivent éviter de passer, quand la mer est mauvaise, sont limités par des points.



On indique sur les cartes des mers où les marées sont presque insensibles les roches peu élevées au-dessus de la surface de l'eau, par ce signe ⊙; les roches isolées qui ont beaucoup de hauteur et peu d'étendue par cet autre signe ⚷.

V.-DUMOULIN.

HYDROSTATIQUE. Voyez HYDRAULIQUE.

HYGROMÈTRE. Instrument servant à mesurer l'humidité de l'atmosphère. Le plus employé est celui de *Saussure*, qui consiste en un cheveu dégraissé dans une faible solution de potasse ou de soude. Ce cheveu se raccourcit par la sécheresse et s'allonge par l'humidité, sous la même température. On le suspend par un bout à une pince, et on le fixe par l'extrémité inférieure à une petite poulie sur laquelle il s'enroule et est tendu à l'aide d'un petit contre-poids. Par suite des variations de l'état hygrométrique de l'air le cheveu varie de longueur et fait tourner, dans un sens ou dans l'autre, la poulie sur l'axe de laquelle se trouve une aiguille qui se meut sur un arc gradué.

On règle cet instrument, en le plaçant successivement sous une cloche saturée d'humidité et sous une cloche dont l'air a été complétement desséché avec du chlorure de calcium. On marque 0 à l'extrême séche-

Digitized by Google

resse, 100 à l'extrême humidité, et on divise en 100 parties égales la portion comprise entre ces deux points de l'arc sur lequel se meut l'aiguille.

Cet hygromètre sert à présager les changements de temps, et reproduit les mêmes indications quand les circonstances redeviennent les mêmes. Pour en conclure la quantité pondérable de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, il faut avoir égard à la température, qui est donnée par un thermomètre dont l'instrument est muni, il faut en outre recourir à une table qui indique la relation entre ces deux indications et le degré réel de saturation.

Dans l'hygromètre de *Deluc*, le cheveu est remplacé par une petite bande de baleine.

Les hygromètres les plus communs sont composés de cordes à boyaux qui, pincées par un bout, portent à l'autre un indicateur normal aux cordes. Les variations hygrométriques faisant tordre ou détordre ces cordes par suite du gonflement des filets membraneux dont elles sont composées, l'indicateur tourne dans un sens ou dans l'autre. Ordinairement, la corde à boyau est supportée horizontalement par un tube, et l'indicateur, qui tourne verticalement, représente le bras d'une petite figure qui se couvre ou se découvre à l'approche de la pluie.

I

ICHTYOCOLE. Voyez COLLE DE POISSON.

ÉTOFFES IMPERMÉABLES (*angl.* water proof cloth, *all.* wasserdichte zeuge). Nous avons déjà parlé, à l'article CAOUTCHOUC, des étoffes rendues imperméables au moyen de l'application d'un enduit de caoutchouc, et connues sous le nom d'étoffes macintosh; ces étoffes étant également imperméables à l'eau et à l'air empêchent la transpiration de se répandre au dehors, de sorte que lorsqu'on quitte un par-dessus de cette étoffe, on est en sueur et on court le risque d'attraper des fraîcheurs. Pour parer à cet inconvénient on a cherché à rendre les étoffes imperméables à l'eau tout en les laissant perméables à l'air : tous les procédés employés à cet égard consistent à les tremper dans une dissolution d'ACÉTATE D'ALUMINE seul ou mélangé de savon, de colle de poisson, etc.

IMPRESSION SUR ÉTOFFES. On comprend sous cette dénomination l'art d'imprimer ou de peindre mécaniquement tous les genres de tissus avec des couleurs qui résistent au lavage à l'eau et au frottement.

Suivant l'opinion de certains auteurs modernes, l'art d'imprimer les étoffes était déjà connu des peuples de l'antiquité. « Dans l'Inde on savait déjà du temps d'Alexandre, recouvrir les tissus de dessins diversement colorés, et, suivant Hérodote (Livre I^er^), les habitants de la mer Caspienne imprimaient sur leurs vêtements des figures de différents animaux à l'aide de mordants, et de couleurs si solides quelles duraient autant que l'étoffe elle-même. » (Voir Girardin, 36^e^ *leçon de chimie élémentaire*).

Strabon, rapporte que les Indiens portaient des toiles imprimées (Livre XV de *India*).

Toutefois, les peuples de l'antiquité se bornaient à peindre les étoffes blanches avec divers excipients, puis à les tremper dans un bain de teinture.

Nous rapporterons ici un curieux passage de Pline à ce sujet : « En Égypte, dit-il, on peint jusqu'aux habillements, par un procédé merveilleux. Pour cela, on emploie un tissu blanc sur lequel on applique, non point des couleurs, mais des substances sur lesquelles mordent les couleurs. Les traits ainsi formés sur le tissu ne se voient pas, mais, quand on l'a plongé dans la chaudière de teinture bouillante, on le retire au bout d'un instant chargé de dessins; et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que, quoique la chaudière ne contienne qu'une seule matière colorante, le tissu prend des nuances diverses, la teinte variant selon la nature de la substance qui s'imprégne de couleur : ces couleurs ne peuvent s'effacer par l'eau. Il est clair que si le tissu était chargé de dessins coloriés quand il entre dans la chaudière, toutes les couleurs seraient brouillées quand on le retirerait. Ici toutes les couleurs se font par une seule immersion; et il y a en même temps coction et teinture. Le tissu modifié par cette opération est plus solide que s'il ne la subissait pas. » (Pline, liv. XXXV, chap. 61 du tome 20, édition de Panckoucke, 1833).

Les anciens n'ignoraient pas, sans doute, l'art de prendre des empreintes; mais ils ne paraissent pas avoir employé de semblables procédés pour imprimer les étoffes.

Ce qu'il y a de certain et de bien positif, c'est qu'en 1730, on ne connaissait pas encore en France l'art de fabriquer les toiles de coton, peintes à l'instar de celles des Indes, qui, depuis quelques années seulement, avaient été importées de ce pays et de la Perse, par la compagnie des Indes. Pour s'en convaincre, on peut consulter à la Bibliothèque royale, salle des estampes, la riche collection des étoffes en usage, en France, pendant les années 1720 à 1730. On n'y trouve que des étoffes de soie et de coton, dont les dessins sont peints à la main, avec des couleurs ternes et qui n'ont généralement aucune fixité. Ce ne fut réellement qu'à la fin de l'année 1736 ou vers le commencement de l'année 1737, que Beaulieu, capitaine de vaisseau, décrivit, pour la première fois, les procédés usités dans l'Inde pour fabriquer les toiles peintes. Il avait été chargé par Dufay, membre de l'Académie des sciences, de s'informer de tout ce qui était relatif à la manière de peindre les toiles; il fit peindre à Pondichéry, par un ouvrier intelligent, une pièce d'étoffe; il eut le soin de prendre, après chaque opération, un morceau de la pièce, qu'il a rapporté en France, avec des échantillons de toutes les matières qui avaient servi. Beaulieu répéta ces opérations dans le laboratoire de Dufay; elles réussirent parfaitement. Ce fait est consigné dans un ouvrage fort intéressant, intitulé : *Art de peindre et d'imprimer les toiles en grand et en petit, par B...* Paris, 1800; mais l'histoire ne nous dit pas si la fabrication des indiennes fut exploitée alors en grand.

En 1742, Le R. P. Cœurdoux fit connaître de nouveau, dans les Lettres édifiantes, tome 26, édit. 1711, les procédés employés alors par les Indiens pour faire les toiles peintes. Ces procédés sont encore aujourd'hui, à peu de chose près, ce qu'ils étaient dans l'antiquité, et l'on peut s'en assurer, en comparant la description donnée par Pline lui-même, avec celle faite par les auteurs modernes.

Voici, du reste, comment on procède aujourd'hui : « Les moutchys (coloristes en toiles) de l'Inde utilisent quelques minéraux impurs ou complexes qui ont beaucoup d'influence sur la fixité de leurs couleurs; et l'analyse de quelques-uns de ces minéraux a été très utile pour les bien apprécier. Ces habiles et patients

Digitized by Google

ouvriers n'emploient pas des agents chimiques aussi parfaits et aussi nombreux que les nôtres; mais on a reconnu dans le système de leurs opérations des principes qu'il était très utile d'étudier, de suivre et d'appliquer dans notre industrie. Ces coloristes, dont les ouvrages sont admirables, sous quelques rapports, ne paraissent toutefois dirigés dans leurs procédés et dans leurs opérations par aucun principe de la chimie; la pratique, et surtout une patience imperturbable, leur font surmonter tous les obstacles et suppléent à nos mille et une inventions de machines; ils appliquent et pointillent leur mordant à la main avec une espèce de tire-ligne en jonc, garni à l'extrémité d'une petite éponge ou d'un tampon en drap, qui contient la composition, et qu'ils pressent légèrement et à mesure du besoin, etc. Pour faire des fonds mats, ils se servent de plaques en carton convenablement découpées à jour; et ils tamponnent les couleurs avec un gros pinceau, comme le font nos afficheurs; pour faire *les réserves*, ils plaquent toute la pièce de cire, puis ils dessinent dessus en enlevant la cire avec un poinçon de bois dans les endroits qui doivent être teints dans la cuve en bleu, etc., etc. Ils mettent tant d'adresse, de précision, de persévérance dans ces procédés si simples, qu'ils parviennnent de même à une grande netteté de dessins dans leurs plus riches tapis. (*Extrait d'un mémoire sur un nouveau procédé de teinture et d'impression, par M. Gonfreville. — Paris*, 1845, *page* 7).

Tout ce que nous pouvons dire à l'égard de l'origine des manufactures de toiles peintes en France, c'est qu'on y imprimait vers l'année 1746 des étoffes coloriées pour la tapisserie, soit à l'aide de planches de bois gravées en relief, soit à l'aide de planches gravées en taille-douce. Les premières fabriques de ce genre furent établies d'abord à Paris, puis à Versailles, à Orange, à Marseille, etc; on n'y employait, toutefois, que des couleurs à l'huile ou à l'eau qui s'altéraient en peu de temps, et ne résistaient pas à une simple immersion dans l'eau.

Les Hollandais, à cette époque, et les fabricants suisses principalement, versaient en France, avec profusion, des toiles peintes en couleurs vives et solides qui diminuaient, dit-on, prodigieusement la consommation et par conséquent l'activité des manufactures de Reims, d'Amiens, Rouen, Lyon, etc. Les historiens nous apprennent même que des réclamations énergiques s'élevèrent alors de tous les points de la France contre la fabrication et l'usage des cotonnades imprimées, qui devaient, disaient les chambres de commerce, ruiner les industries appliquées à la confection des autres tissus. Le gouvernement, pour mettre fin à ces plaintes, prohiba, sous des peines très sévères, l'entrée et l'usage des toiles de coton blanches ou imprimées étrangères. Cette rigueur fut portée si loin que les employés de la ferme étaient autorisés à mettre publiquement en pièces les vêtements de toiles de Suisse dont les femmes étaient parées.

Il n'y avait même que la compagnie des Indes qui pût introduire des toiles de coton blanches, avec certaines conditions et réserves. Mais cette prohibition fut abolie et commuée, par arrêt du 7 septembre 1759, en un droit de 10 p. 100 sur la valeur qui fut bientôt porté à 15 p. 100; et fixé, le 19 juillet 1760, à 90 fr. par quintal pour les toiles blanches, et 150 fr. pour les toiles peintes. Par suite de cet arrêt, l'usage et la fabrication des toiles de coton imprimées furent possibles en France, à cause de la facilité de pouvoir se procurer à l'étranger les tissus de coton blanc qu'on ne fabriquait pas encore d'une manière régulière.

Toutefois, les chambres de commerce protestèrent encore contre cette innovation; mais le gouvernement fut sourd à toutes les plaintes; et il prit le meilleur parti, celui de protéger les manufactures de toiles peintes, et de leur donner une consistance réelle par des encouragements soutenus. Déjà il avait envoyé en Angleterre, en 1751, un agent spécialement chargé de rechercher les meilleures méthodes de fabrication; et c'est quelques années après, que le nommé Cabanes, Anglais, créa, en vertu d'un arrêt du Conseil, une fabrique d'impression sur coton, dans les cours de l'Arsenal. Mais il paraît bien démontré que Cabanes était peu initié aux secrets de fixer les couleurs sur le coton; et B... dit dans son traité, page IX : « J'ai aussi des échantillons des premières productions d'un établissement formé à Paris en 1754, par deux négociants nommés Cottin et Cabanes; on ne pourrait jamais croire qu'un tel barbouillage ait pu porter le nom de toiles peintes. »

Cet auteur avait dit, précédemment, en parlant des échantillons de toiles peintes, apportés d'Angleterre et remis au gouvernement en 1751 : « J'ai été autant frappé de la beauté des couleurs que de l'exécution du dessin : des fabriques très accréditées s'en feraient honneur aujourd'hui. »

Un pareil témoignage prouve suffisamment que les Anglais l'emportaient alors sur nous dans l'art d'imprimer les étoffes, par l'exécution du dessin et la beauté des couleurs qu'ils fixaient sur le coton. Mais aujourd'hui c'est bien différent; nos manufacturiers ont fait un grand pas, sous le rapport du fini du travail et de la régularité des opérations mécaniques. Les couleurs de nos étoffes sont belles et solides; et nous pouvons même ajouter, sans crainte d'être accusés de trop d'orgueil national, que nous l'emportons sur nos voisins par le goût et la création des choses nouvelles.

C'est aux savants coloristes et aux artistes de nos manufactures que l'art de la fabrication des impressions sur étoffes doit les immenses progrès qu'elle a faits depuis 40 ans. C'est à Berthollet, à Chaptal, à M. Chevreul particulièrement, que l'on doit les observations les plus curieuses et les plus essentielles dans l'art d'imprimer les étoffes. C'est à M. Chevreul enfin, que l'on doit d'avoir expliqué le rôle que jouent les agents chimiques et la vapeur dans les opérations qui ont pour but de fixer les matières colorantes sur les tissus.

Les étrangers eux-mêmes reconnaissent notre supériorité sur ce point; et l'Anglais Home, dans son *Histoire du commerce*, s'exprime ainsi : « C'est à l'Académie des sciences que les Français doivent la supériorité qu'ils ont dans les arts, et surtout dans celui de la teinture. »

Il paraît bien prouvé par les écrits des écrivains de l'époque, qu'en 1750, on imprimait déjà en Angleterre beaucoup de toile de fil et coton. Ces toiles étaient fabriquées à Manchester, comme elles le sont encore aujourd'hui. On évaluait, à cette époque, à près de cent cinquante mille le nombre de pièces que l'on y faisait annuellement. Ces pièces étaient envoyées en écru à Londres, et elles étaient blanchies et imprimées dans ses environs. Les historiens nous apprennent aussi qu'en Angleterre, comme en France, les tisserands en soie, en laine et en fil de lin, manifestèrent l'opposition la plus vive contre l'usage des toiles imprimées, soit importées de l'étranger, soit faites dans le pays.

Ainsi, dès l'année 1680, les ouvriers tisserands pillèrent la maison de la compagnie des Indes, pour se venger, disaient-ils, des importations qu'elle avait faites de plusieurs milliers de pièces d'indiennes. Ils amenèrent ensuite le gouvernement, par des demandes incessantes, à exclure complétement des marchés anglais tous les tissus de coton imprimés pour robes et ameublement. Néanmoins, les indiennes furent toujours importées, en vertu d'un privilége, par la compagnie des Indes orientales; et, à l'abri de ce privilége, la majeure partie des toiles entraient en contrebande, malgré les peines excessives auxquelles

Digitized by Google

étaient exposés les contrebandiers ou importateurs. Cette contrebande suffit pour susciter l'alarme parmi la population manufacturière de Spitalfields ; et les hommes d'état d'alors intimidés, disent les auteurs anglais, par la population turbulente de la partie Est de Londres, rendirent, en 1720, une loi absurde, et qui défendait de porter toutes sortes d'indiennes quelle que fût leur origine. Cet édit sévère força les manufacturiers en ce genre de fermer immédiatement leurs établissements ; et des milliers de personnes furent jetées sur le pavé, presque sans asile et sans pain.

En 1730, enfin, cet arrêt du parlement fut aboli par des législateurs un peu plus sages et qui permirent la fabrication des toiles dites *calicots britanniques*, mais les toiles imprimées devaient être formées de fil de chanvre et de coton, et payer une taxe de 60 centimes par mètre carré. Il est facile de présumer qu'avec une pareille taxe et le régime rigoureux des vérifications des commis de l'accise pour asseoir cette taxe, la fabrication des impressions sur calicot, en Angleterre, ne pouvait faire des progrès bien rapides ; aussi 50,000 pièces à peine de cette étoffe mixte furent-elles imprimées dans tout le royaume de la Grande-Bretagne pendant l'année 1750, principalement dans le voisinage de Londres. En 1840, la seule manufacture de M. Toast, à Manchester, produisait près de vingt fois cette quantité, et il y a même plusieurs manufactures qui produisent aujourd'hui plusieurs centaines de mille de pièces dans le cours d'une année.

Ce n'est qu'en 1766, que cette industrie fut portée dans le Lancashire, où elle a pris depuis cette époque un développement extraordinaire. Après l'année 1774, elle commença à s'étendre et à grandir beaucoup par suite de l'abolition d'une grande partie de l'arrêt de 1730, qui exigeait le mélange du fil avec le coton dans la fabrication des toiles. Depuis cette époque seulement, les imprimeurs de calicot ont fait des affaires immenses et productives, quoique forcés d'acquitter une taxe de 30 centimes par mètre carré, taxe qui était restituée, du reste, à la sortie des marchandises du royaume, sous le nom de *drawback*.

Les fabricants commencèrent alors à imprimer sur le coton seul des couleurs plus riches, plus vives et plus solides, tandis qu'autrefois ils étaient forcés d'imprimer sur des tissus de fil et de coton mélangés, et qui différaient essentiellement dans leurs affinités réciproques pour les principes colorants.

C'est aussi par suite de l'abolition de la prohibition en France que la manufacture de Jouy, près de Versailles, fut créée, en 1759, par le célèbre Oberkampf, d'origine suisse, dessinateur, coloriste et imprimeur chez Cabanes ; et presqu'en même temps, Frey, de Genève, et Abraham Pourchet, de Bolbec, fondèrent une fabrique d'indienne à Bondeville, près de Rouen. Plus tard, Pierre Roger éleva une fabrique à Deville ; Maromme, Bapaume, Darnetal et Bolbec, possédèrent ensuite des manufactures d'indiennes ; mais, il faut le dire, presque toutes les entreprises en ce genre ont été dirigées par des étrangers.

Bonvalet fut le premier qui imprima des étoffes de laine en relief, à Amiens, vers l'année 1755. Il fut le seul pendant longtemps qui exerça cet art avec une rare perfection (Voir l'Art de préparer et d'imprimer les étoffes en laine, par Roland de la Platrière, et l'Art du fabricant de velours de coton, par le même). Cette réputation d'habileté s'est conservée jusqu'à ce jour dans la famille Bonvalet ; l'arrière petit-fils, qui exploite aujourd'hui l'industrie de son aïeul, est encore celui qui a le plus perfectionné la pratique : c'est de lui que nous tenons la composition des couleurs pour l'impression en relief sur les étoffes de laine et sur le velours de coton.

En 1760, Massac et MM. Lemarcis frères établirent à Bolbec une manufacture d'étoffes de laine imprimée dite *gaufrée* ; on n'y employait que des ouvriers allemands, hollandais, suisses ou génevois.

Roland de la Platriere prétend que MM. Lemarcis apportèrent d'Angleterre les premiers outils et ustensiles, la composition de quelques couleurs, les secrets enfin d'imprimer les étoffes de laine ; mais tout prouve, au contraire, que Bonvalet avait trouvé et exploité ces secrets plusieurs années auparavant.

Au reste, la fabrication des étoffes unies et gaufrées remonte à une époque déjà ancienne, comme le prouvent les fragments d'étoffes de ce genre trouvées dans les fouilles de deux tombeaux de l'église de Saint-Germain-des-Prés (voir *Mémoire* de Desmarest, inséré dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 2me semestre de 1806, page 119).

Nous ne pouvons entrer ici dans l'histoire de toutes les machines et inventions qui se sont accumulées surtout depuis le commencement de ce siècle. C'est aussi à partir de cette époque qu'on a commencé à introduire dans les fabrications l'usage des matières minérales pour colorer les tissus, ainsi que l'emploi des machines cylindriques, et de celles dites *à planche plate*, pour imprimer les tissus ou indiennes. Mais, parmi les fabricants du siècle dernier qui ont laissé la réputation la plus glorieuse, par la hardiesse et la constance dans les entreprises, nous devons citer au premier rang le célèbre Oberkampf, qui a porté les procédés du garançage sur les toiles de coton au plus haut degré de splendeur, et l'infatigable Bonvalet, qui a inventé un grand nombre d'ingénieuses machines à imprimer et apprêter les étoffes.

Quant aux savants technologues, dont les travaux et les écrits ont contribué puissamment à répandre et accréditer les meilleurs procédés de fabrications, dans les ouvrages desquels on trouvera la description de tous les essais qui ont amené cette industrie à son état actuel, nous donnerons la liste de leurs ouvrages, suivant la date où ils ont paru. Nous engageons nos lecteurs à les consulter.

Mémoires de Dufay, sur la Teinture, p. 244, t. VIII ; p. 319, t. IX de l'Histoire de l'Académie. Paris. 1737-1738

Lettres du R. P. Cœurdoux, sur la Fabrication des Toiles peintes des Indes ; t. XXVI des Lettres édifiantes, p. 172. Paris. 1742

Traité des Toiles peintes, par Q. Paris. 1760

Dictionnaire raisonné des Arts et Métiers, de l'abbé Jaubert, art. Toiles peintes. Paris. 1766

Art de faire les Toiles peintes à l'instar d'Angleterre, par Delormois. Paris. 1770

Encyclopédie pratique, par le chevalier de W. Liége. 1772

L'Art de la Teinture des fils et Etoffes de coton, par Lepileur d'Apligny. Paris. 1776

Article Toile peinte du Dictionnaire encyclopédique. Paris. 1778

L'Art de préparer et d'imprimer les Etoffes de laine, par Roland de la Platrière. 1780

L'Art du Fabricant de Velours, suivi d'un Traité de la Teinture et de l'Impression des toiles, par le même. 1780

Instruction sur l'usage et l'emploi du Quercitron dans la teinture et les imprimeries d'indiennes, par Edouard Banchroff, traduite en français, et insérée dans les Annales des Arts et Manufactures, t. XII, p. 18, 131, en 1805. 1785

Essai sur l'Art de la Teinture, par Scheffer. Paris. 1787

Mémoire sur l'Indigo, par Hausmann, Journal de Physique. Paris. 1788

Théorie de la Teinture, par Hausmann, Annales de Chimie, t. VII, p. 237. 1790

Digitized by Google

Eléments de l'Art de la Teinture, par Berthollet. 1791
Art du Blanchiment des toiles, fils et cotons, par Pajot-des-Charmes. Paris. 1798
Note de Rupp, sur le Blanchiment des Toiles de coton, publiée dans les Mémoires de la Société de Manchester en 1798, et mentionnée dans les Annales des Arts et Manufactures, t. I. 1799
Cours théorique et pratique sur l'Art de la Teinture et de la Fabrication des indiennes, par Homassel. 1799
Art de Peindre et d'Imprimer les toiles, par Goery. 1800
Art de Peindre et d'Imprimer les indiennes, par B. 1800
Mémoires sur l'Art du Teinturier-Dégraisseur, par Chaptal, t. VI des Mémoires de l'Académie des Sciences. 1800
Mémoire sur un procédé pour le Blanchiment qui vient du Levant, par le même; Annales des Arts et Manufactures, t. VI, p. 68. 1801
Observation de Henry, sur la Nature de la laine, de la soie et des cotons, comme objets de teinture; Annales des Arts et Manufactures, t. III, p. 260; suite du même Mémoire, t. IV, p. 31. 1801
Procédés pour la composition d'un Apprêt et d'une gomme à l'usage des fabricants, article par O'Reilly; même volume, p. 84. 1801
Article d'O'Reilly, sur une nouvelle Méthode de blanchir la laine et la soie par l'acide sulfureux; Annales des Arts et Manufactures, t. IV, p. 61. 1801
Observations sur le Garançage et le rouge d'Andrinople, par Hausmann; même ouvrage, t. VII, p. 240, 1802; même ouvrage, t. XVI, p. 178. 1803
Essais chimiques de Parkes et de Martin, traduits en français par Delaunay. Paris. 1820
Cours élémentaire de teinture, par Vitalis. 1823
Article Impression des toiles, par Em. Molard; dans le Dictionnaire technologique. 1827
Traité complet de la Préparation et de l'Emploi des matières teinctoriales, par Leuchs, traduit en français par Peclet. 1829
Manuel du Fabricant d'étoffes imprimées, par Séb. Lenormand. 1830
Manuel du Fabricant d'indiennes, par Thillaye. 1834
Cours de Chimie appliquée à la Teinture, par M. Chevreul. 1834
Leçons de Chimie élémentaire, par Girardin, 1re édit., xx; 2e édit., p. 519 et suivantes. 1836
Recherches sur la Teinture, par M. Chevreul; Mémoires lus à l'Académie des Sciences, 4 janvier, 21 mars 1836; 27 janvier, 17 août, 16 juillet. 1838
Sur la Nature et les Causes des taches qui se produisent sur les étoffes de laine pendant qu'on les fixe, par le même; Mémoire lu à l'Académie des Sciences, le 26 décembre 1837
Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Rouen, années 1807, 1808, 1810, 1812, 1814, 1816, 1831, 1835, 1840, 1841
Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse, de 1828 à 1844
Bulletins de la Société d'Emulation de Rouen, années 1816 à 1844

ÉTABLISSEMENT D'UNE FABRIQUE D'ÉTOFFES IMPRIMÉES.

Il nous semble naturel de parler d'abord de la disposition des bâtiments qui constituent une grande et belle fabrique, de l'agencement des appareils nécessaires pour imprimer, etc. Nous citerons comme un excellent modèle à imiter, sous tous les rapports, la manufacture fondée à Puteaux par M. Léon Godefroy.

Cette manufacture est située sur le bord de la Seine, dont elle n'est séparée que par la grande route départementale : elle se compose d'un grand bâtiment principal, exposé au midi, et divisé en trois étages qui sont éclairés des deux côtés.

Le rez-de-chaussée se compose, savoir :

1° D'un vestibule à droite, en entrant, par lequel on communique dans les bureaux. On monte aux étages supérieurs par un grand escalier.

2° D'un magasin où sont renfermées sous clefs les diverses planches gravées de la saison.

3° D'un couloir à gauche qui conduit à l'atelier des graveurs, au magasin d'entrée des marchandises et à celui des marchandises fabriquées.

4° D'un grand atelier de plain-pied où sont rangées, sur une seule ligne droite, cinq machines à imprimer, dites *Perrotines;* une machine à imprimer les mouchoirs d'un seul coup de presse, de l'invention de M. Henri Herlensder, mécanicien français; deux machines à plier et enrouler les pièces; une machine à cylindrer; trois machines à imprimer au rouleau.

5° D'un magasin où sont renfermés les rouleaux gravés.

6° D'une pièce de réserve pour les couleurs à imprimer au rouleau.

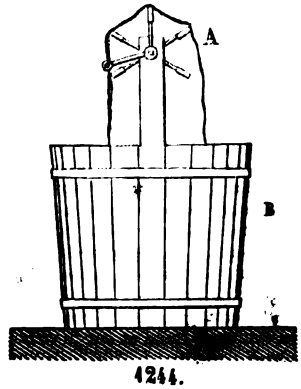
7° La pièce où est placée la machine à vapeur.

Chaque étage supérieur renferme une double rangée de 25 tables d'imprimeurs; en outre, un passage dans le milieu; à l'une des extrémités de chaque atelier est placé le cabinet où le chef des imprimeurs réserve toutes les étoffes à distribuer aux ouvriers, ainsi que les gravures et ustensiles pour imprimer; à l'autre extrémité est un atelier de menuisiers, et à la suite, celui des ouvrières chargées d'enrouler, de plier les étoffes, de visiter et de raccommoder les doubliers, etc.

Dans une pièce située au premier étage, on conserve, pendant le temps voulu, les étoffes imprimées, soit avant, soit après le fixage.

Le grenier est disposé, dans toute la longueur de la fabrique, pour sécher les étoffes à l'aide de tuyaux chauffés par la vapeur perdue de la machine, et cette vapeur chauffe encore tous les ateliers pendant l'hiver.

En face du bâtiment principal, et sur le retour d'équerre, se trouvent deux constructions simples, et qui réunissent, sous le même toit : 1° le magasin des drogues et des matières colorantes brutes; 2° le cabinet et le laboratoire des chimistes-coloristes; 3° la cuisine pour la préparation des couleurs; 4° le magasin des couleurs préparées; 5° le petit lavoir pour laver les châssis et les brosses des imprimeurs; 6° la pilerie mécanique pour la gomme, et les matières tinc-



1244.

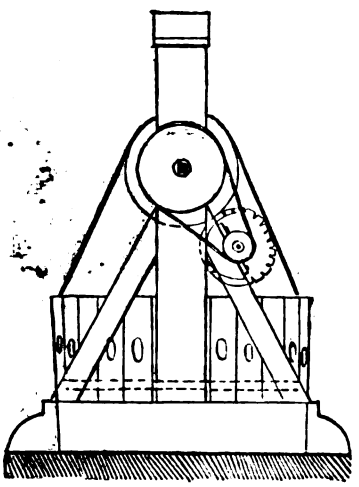
Digitized by Google

toriales ; 7° le laboratoire, pour les préparations du garançage et des bains propres à blanchir les toiles, et à aviver les couleurs, etc.; 8° le grand lavoir formé d'une petite rivière factice, creusée dans le sol et alimentée par les eaux de la Seine, qui y sont amenées et renouvelées sans cesse, à l'aide d'un système hydraulique mis en mouvement par la machine à vapeur de l'établissement. Sur cette rivière sont disposés, en ligne droite et à des distances convenables pour ne pas gêner la circulation, les divers appareils pour garancer, nettoyer et laver les étoffes, savoir :

1° Quatre cuves en bois, pour garancer les étoffes.

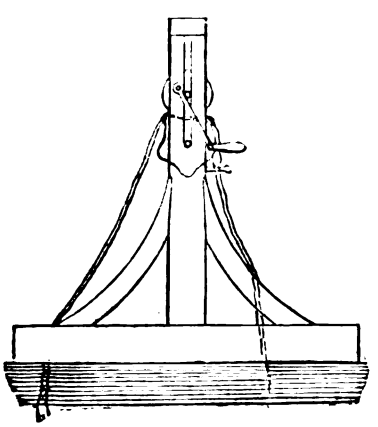
2° Dix baquets munis chacun de leurs trinquets ; fig. 1244, et destinés à nettoyer, lessiver, blanchir les étoffes, et à aviver les couleurs, etc.

3° Machine ou roulcau à laver les étoffes imprimées avec un cylindre cannelé dit *d'appel*, qui tourne plus vite que le gros cylindre, pour attirer plus promptement l'étoffe qui trempe dans un baquet à double fond rempli d'eau. Cette eau arrive continuellement par un orifice placé à la partie inférieure de la cuve (fig. 1245).



1245.

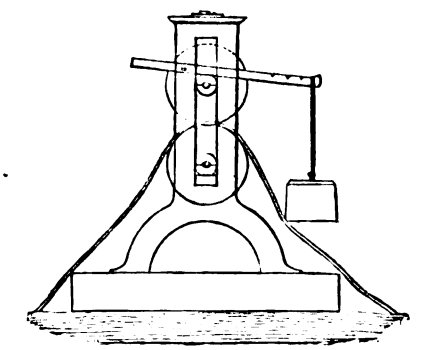
4° Deux trinquets en bois montés sur un bâti, servant à laver et à rincer les étoffes imprimées dans la rivière elle-même.



1246.

5° Santoir pour dégorger les doubliers, etc. Il est formé de deux rouleaux cylindriques (fig. 1246); le rouleau inférieur est cannelé, et celui supérieur peut s'élever et s'abaisser suivant le mouvement du rouleau cannelé. Du reste, il est maintenu dans la position horizontale au moyen de ses axes qui glissent dans deux rainures pratiquées dans les montants parallèles du bâti.

6° Machine ou foulard à essorer pour extraire l'eau des pièces. Cette machine est formée de deux cylindres compresseurs en bois ou en fonte de fer (fig. 1247), et recouverts d'une toile roulée plusieurs fois sur elle-même. Chaque axe du rouleau supérieur est pressé par un levier auquel sont accrochés des poids très pesants et variables à volonté. En avant et arrière de cette machine sont placées deux tables, dont l'une sert à placer les pièces mouillées, et l'autre à les recevoir lorsqu'elles ont été pressées.



1247.

7° Machine à débouillir ou à dégorger les étoffes. Cette machine se compose de deux gros cylindres en bois, entre lesquels passe et repasse l'étoffe qui trempe continuellement dans un bassin alcalin ou savonneux, chauffé par la vapeur.

8° Roue à laver, ou dash-wheel, semblable à celle qui est représentée fig. 216.

9° Machine à essorer de M. Laubereau, décrite page 1404.

Le mouvement est communiqué à toutes ces machines par le moteur de l'établissement.

Dans le bâtiment construit en retour d'équerre sont placés, au rez-de-chaussée, le générateur à vapeur et les deux cuves à fixer les couleurs imprimées. Ces cuves, qui sont à double fond et à doubles parois, sont posées sur des bâtis en bois à 1 mètre 1/2 au-dessus du sol.

L'une de ces cuves, qui est légèrement conique, a 1 mètre 20 cent. de diamètre à sa partie supérieure, et 3 mètres de hauteur.

Les dimensions de l'autre cuve qui est carrée sont :

profondeur.	3 mètres.
largeur.	1m,50.
longueur.	2m,50.

Les cadres et les autres appareils servant à enrouler et à fixer les pièces sont placés à l'étage supérieur.

En face l'atelier de fixage, on voit trois vastes bâtiments construits en forme d'un ⊂ renversé, et qui laissent entre eux un grand espace libre qui sert à étendre et à faire sécher les étoffes à l'air, pendant la saison d'été ; le plus petit bâtiment est l'atelier de

Digitized by Google

teinture; l'autre est un grand séchoir méthodique, chauffé par un calorifère de M. René Duvoir; et le troisième enfin, qui est chauffé aussi par un calorifère, sert de chambre chaude pour sécher les pièces pendant l'hiver ou dans les temps humides. Entre ces deux derniers bâtiments, il existe un hangar dont la toiture est élevée de 8 mètres au-dessus du niveau du sol, et qui sert à étendre encore les pièces imprimées pour les faire sécher à l'air. A cet effet, un plancher ou étendage à claire-voie est placé à la partie supérieure du bâtiment et un peu au-dessous du toit, de manière qu'on peut marcher dessus sans se baisser. On monte sur ce plancher, par un escalier en bois qui conduit en même temps à l'étendage disposé à la partie supérieure du grand séchoir. Cet étendage consiste en des traverses en bois, carrées, écartées les unes des autres de 10 centimètres environ, et placées en forme de gril. Les pièces d'étoffes sont suspendues sur ces traverses en formant plusieurs zones qui occupent presque toute la hauteur du séchoir jusqu'à l'étendage.

Derrière et parallèlement au grand séchoir, est l'atelier de teinture et d'avivage du bleu faïence sur mouchoirs de batiste.

Cet atelier est garni de quatre cuves en bois contenant chacune les bains nécessaires pour opérer cette méthode de teinture, des cadres pour teindre et travailler les pièces dans les bains, et d'une grande cuve munie d'un trinquet pour laver les pièces.

A côté de cet atelier est une pièce un peu humide dans laquelle on étend les étoffes imprimées en bleu de France, afin de les faire monter en couleur et prendre la teinte convenable.

Avant d'arriver à la fabrique est une belle prairie sur laquelle on étend, quand le temps le permet, les batistes et mouchoirs imprimés pour les blanchir.

Nous passons sous silence une foule de petits détails qui, quoique bien intéressants sans doute, nous mèneraient trop loin.

THÉORIE DE L'ART DE L'IMPRESSION. Tout le monde sait que l'art d'imprimer les étoffes, en général, consiste à appliquer directement, à l'aide de planches gravées en creux ou en relief, et par des procédés manuels ou mécaniques, des couleurs spéciales, qu'on fixe ensuite par des procédés chimiques particuliers.

On voit donc que l'art de l'impression se compose de trois éléments bien distincts.

1° De la préparation des couleurs ou composés chimiques qui sont destinés à produire les dessins coloriés et inaltérables;

2° De la disposition des dessins, de la gravure, des planches ou cylindres, à l'aide desquels on applique les couleurs;

3° Enfin, de l'emploi des machines et procédés manuels qui permettent d'imprimer vite, bien et à bon marché.

L'élément le plus essentiel, celui tout à fait spécial au fabricant d'étoffes imprimées est, sans contredit, la préparation des couleurs qu'on n'achète pas dans le commerce, tandis qu'on trouve partout des graveurs et des machines d'impression plus ou moins parfaites. Aussi, l'imprimeur sur étoffes doit-il posséder non seulement la théorie, mais encore la pratique de la composition des couleurs. A défaut de cette connaissance spéciale, il est forcé d'avoir recours à un coloriste en chef qui dirige la préparation et la mixtion des couleurs, et qui a soin bien souvent de lui cacher la proportion de la plupart des composés qu'il emploie.

PRÉPARATION ET EMPLOI DES AGENTS CHIMIQUES.

Produits qu'on achète tout faits dans le commerce.

Acide sulfurique, ordinaire, employé dans les opérations du blanchiment et pour opérer les avivages.

Acide sulfurique fumant, dit de Nordhausen, ou de Saxe, pour dissoudre l'indigo.

— sulfureux, comme agent de blanchiment.

— nitrique, pour faire les dissolutions de fer et d'étain.

— hydrochlorique, pour faire la dissolution d'étain, le bain de physique, étant mélangé avec l'acide nitrique.

— arsénieux, pour composer un vert sur tissus de coton, dit vert de Scheele.

— chrômique, pour rongeant sur coton, et principalement pour les enlevages sur fond bleu indigo.

— acétique, employé dans la composition de tous les mordants de rouge sur les toiles de coton.

— oxalique, employé comme mordant ou agent de certaines couleurs sur laine; et lorsqu'il est uni à l'acide tartrique, comme rongeant sur coton.

— tartrique, employé comme l'acide oxalique, et souvent avec lui, comme mordant.

— citrique, pour rongeant sur calicot et certaines couleurs sur soie fixées par la vapeur.

Ammoniaque, pour dissoudre la cochenille et faire virer l'orseille sur laine.

Hydrochlorate d'ammoniaque (sel ammoniac), il entre dans la composition de quelques couleurs d'application sur laine, sur soie, tissus avec chaine en coton, et principalement dans la composition du bleu de France sur laine (recette l'etit).

Chlore, employé principalement pour le blanchiment du coton, pour faire le deutochlorure d'étain et le prussiate rouge, base du bleu de France.

Chlorure de chaux, pour blanchir les toiles de coton.

Chlorure de soude pour blanchir le coton après le garançage.

Acétate d'alumine, employé comme mordant, et quelquefois en gelée, pour fixer le bleu de Prusse soluble sur coton.

Sulfate d'alumine de potasse (alun), sert pour la préparation des mordants sur coton.

Nitrate d'alumine, comme mordant des couleurs sur tissus de soie, genre vapeur, et foulards garancés.

Chaux grasse, sert pour le collage des bois lorsqu'elle est mélangée avec une certaine quantité de caseum, et pour la préparation des cuves d'indigo.

Carbonate de chaux (craie), employé quelquefois dans les opérations du garançage.

Potasse, en solution dans l'eau forme la lessive de potasse qui sert au blanchiment des toiles de coton et de fil.

Sous-carbonate de potasse, que l'on rencontre et vend, dans le commerce, sous la dénomination de potasse, ou de cendre gravelée (produit de la combustion des lies de vin). Il sert dans la composition de la couleur orangé sur coton, genre vapeur.

Arséniate acide de potasse, mordant pour le vert de Scheele, sur coton.

Arsénite de potasse, pour les couleurs d'impressions à fond sur coton.

Chrômate de potasse, sert beaucoup, soit pour la composition d'un jaune sur coton, soit pour la préparation du chrômate de plomb, soit pour l'avivage du bleu de France, des couleurs au cachou et de certaines couleurs vaporisées.

Bi-chrômate de potasse, s'emploie comme le chrômate jaune, et pour la préparation d'un vert bon teint sur coton.

Acétate de potasse, entre dans la composition d'un mordant rouge.

Bi-oxalate de potasse (sel d'oseille), entre dans la composition de quelques couleurs sur laine, comme rouge à la cochenille.

Bi-tartrate de potasse (crème de tartre), est employé dans la préparation de quelques rongeants sur

Digitized by Google

coton, et dans la composition de quelques couleurs sur laine (genre vapeur).

Prussiate de potasse, employé pour produire des impressions bleues sur les tissus de laine et de soie, en saturant la potasse par l'acide tartrique ou oxalique, et une petite addition d'acide sulfurique.

Soude, sous-carbonate de soude pour dégraisser et blanchir les étoffes de laine, etc., etc., et comme agent de saturation.

Bi-carbonate de soude, il est employé comme agent de saturation pour les mordants dans le garançage.

Zinc, pour obtenir des solutions déliquescentes.

Fer neuf, réduit en rognures ou rubans, est employé pour préparer les sels de fer qui constituent les bases et les mordants d'une infinité de couleurs sur coton et sur tissus de laine.

Proto-sulfate de fer. Il sert généralement à monter les cuves de bleu, celles de bleu faïence, le bain de chamois et de rouille pour la teinture des cotons, batistes, etc. Il n'est employé dans l'impression que pour les couleurs d'application sur coton.

Peroxyde de fer, pour couleurs solitaires sur coton.

Bleu de Prusse; est remplacé généralement par le prussiate rouge de potasse.

Étain, réduit en copeaux ou rubans, pour former le sel d'étain, ou la dissolution d'étain, etc.

Proto-chlorure d'étain (muriate d'étain), employé soit comme rongeant sur les fonds produits par le peroxyde de manganèse et le peroxyde de fer sur coton, soit comme mordant sur laine, soit comme principe désoxygénant du bleu indigo bon teint sur coton, et comme mordant du bleu de Prusse.

Deuto-chlorure d'étain (oxy-muriate d'étain), fréquemment employé dans la composition des couleurs sur laine et sur coton.

Sulfate de cuivre, fréquemment employé dans la préparation des couleurs sur tissus de laine, de coton et de soie (genre vapeur). C'est lui qui forme la base des réserves sur coton.

Nitrate de cuivre, on l'emploie dans les mêmes conditions que le sulfate de cuivre.

Acétate de cuivre (verdet cristallisé), il sert souvent dans la composition des réserves sur coton, et principalement dans la préparation des couleurs avec les bois (genre vapeur), sur laine et sur coton.

Nitrate de plomb, bon pour mordant du jaune de chrôme sur coton.

Sous-nitrate de plomb, pour être employé dans les réserves jaunes de chrôme sur coton.

Chrômate de plomb, pour faire une couleur jaune sur coton, dite jaune de chrôme, et pour rongeant jaune sur coton.

Sous-chrômate de plomb, il sert principalement pour la couleur orangée d'application sur un fond solitaire par le manganèse, ainsi que pour produire des fonds unis, des réserves et impressions sur coton. Toutefois, on le remplace avantageusement par le sous-acétate de plomb et par une dissolution de chrômate de potasse.

Acétate de plomb; il sert pour composer le mordant de rouge et pour toutes les décompositions où l'on veut obtenir des acétates.

Deuto-chlorure de mercure, employé avec l'hydriodate ioduré de potasse, pour obtenir l'iodure de mercure comme couleur d'application sur coton.

Sulfate ou Chlorure de magnanèse pour les couleurs solitaires ou bronzes sur coton.

Sel anglais ou Sel pour rose, composé de 2 parties de deuto-chlorure d'étain et de 1 partie de sel ammoniac. Ce sel entre dans la composition du bleu de France sur laine et lui donne le ton violeté.

COMPOSITIONS CHIMIQUES QUE L'ON FAIT GÉNÉRALEMENT DANS LA FABRIQUE.

Nitrate de fer, employé comme mordant sur laine; il s'obtient en dissolvant peu à peu dans de l'acide nitrique à 36°, autant de rognures de fer neuf, qu'il pourra en dissoudre dans l'espace de 24 heures; cette dissolution exige des précautions. A cet effet on met l'acide nitrique dans un vase de grès d'une grandeur plus que suffisante, et on le place en plein air; ensuite on y met quelques morceaux bien propres de fer; on attend pour ajouter d'autres rognures que les premières soient presque entièrement dissoutes et ainsi de suite; lorsqu'on s'aperçoit au bout de quelques heures que la dissolution commence à être saturée, ce qui arrive, lorsqu'elle ne peut plus dissoudre le fer, on en ajoute encore une grande quantité et on en abandonne la dissolution à elle-même jusqu'au lendemain.

On examine avec attention la dissolution; et si on voit qu'elle ne dégage plus de bulles, on la retire immédiatement de dessus le fer; si on la laissait plus longtemps, elle se prendrait en masse et deviendrait d'une couleur rouille; alors elle serait mauvaise, et il faudrait la jeter. Mais tant qu'il se dégage des bulles, il faut laisser la dissolution sur le fer; si on la retirait avant elle ne serait pas saturée; et l'excès d'acide qu'elle contiendrait empêcherait la couleur de se fixer sur l'étoffe. Il faut que la dissolution soit d'une belle couleur brune et transparente comme du sirop.

Chlorure de zinc. Employé dans la composition d'une couleur puce sur Thibet, et dans l'impression sur coton pour attirer l'humidité de l'air et pour faciliter la combinaison du mordant sur l'étoffe. On le prépare en faisant dissoudre dans l'acide hydrochlorique autant de zinc que possible, comme nous l'avons indiqué pour la préparation du nitrate de fer. Il pèse 55° à l'aréomètre.

Proto-chlorure d'étain. Entre comme mordant dans la préparation des couleurs, et comme rongeant sur les fonds solitaires et bronzes produits par le chlorure de manganèse et le peroxyde de fer.

Ce sel est obtenu en dissolvant 500 gram. d'étain raffiné dans 1 kil. 1/2 d'acide hydrochlorique à 22°; à cet effet, on met du sable dans une terrine de terre; et dans le sable on place un ballon en verre dans lequel on introduit d'abord l'étain; et on verse par dessus l'acide hydrochlorique. On met ensuite la terrine sur un feu de charbon de bois et on chauffe jusqu'à ce que tout l'étain soit dissous; après cela on laisse refroidir et reposer le liquide. On soutire le clair qui doit peser de 50 à 55°.

Deuto-chlorure d'étain liquide, dissolution d'étain dans l'eau régale, pour les avivages des couleurs garancées, et comme mordant des couleurs.

On le prépare en mêlant ensemble 8 kil. acide hydrochlorique à 22° et 4 kil. acide nitrique, puis y faisant dissoudre peu à peu 4 kil. étain jusqu'à parfaite saturation; on conserve cette dissolution dans des vases fermés.

Autre préparation employée à Lyon comme mordant sur tissus de soie. On prend 4 kil. acide nitrique, 500 gram. eau, dans laquelle on fait dissoudre 500 grammes sel marin ou sel ammoniac; on mêle le tout ensemble; et on y fait dissoudre lentement 1 kil. étain réduit en lames ou rubans.

Cette préparation est la plus ancienne, mais la première vaut mieux sur tissus de laine.

Autre préparation employée comme mordant sur les étoffes de coton (genre vapeur).

4 kil. acide hydrochlorique, 2 kil. acide nitrique, 2 kil. sel d'étain que l'on fait dissoudre peu à peu. On laisse reposer jusqu'au lendemain et on tire le clair; on étend ensuite cette dissolution avec de l'eau jusqu'à la force de 5 degrés. On fait tremper les pièces dans cette dissolution pendant 1/2 heure, on les lave bien, et on les passe ensuite dans un bain de sous-carbonate de soude à 2 degrés pendant 1/4 d'heure, on lave et on fait sécher.

Digitized by Google

Sulfate d'indigo. Dans 3 kil. acide sulfurique, dit de Nordhausen, on fait dissoudre peu à peu 1 kil. indigo réduit en poudre fine dans un vase fermé. Cette opération doit durer au moins 4 heures. Il ne faut pas que cette dissolution s'échauffe beaucoup, parce qu'on brûlerait l'indigo; il est nécessaire cependant qu'elle s'opère à la température de 25 à 30° du thermomètre centigrade; en effet, si l'on opérait à une chaleur trop basse l'indigo ne se dissoudrait pas.

Acétate d'indigo. 2 litres eau chaude dans laquelle on fait fondre 1 kil. acétate de plomb, 625 gram. sulfate d'indigo; on brasse ce mélange pendant 12 heures et on le laisse reposer; puis on tire le clair qui forme l'acétate d'indigo. Il doit peser 15°.

Lessive caustique. Faites bouillir pendant un quart d'heure 500 gram. potasse du commerce et 250 gram. chaux vive dans 2 litres eau; laissez déposer et tirez le clair, ajoutez ensuite la quantité d'eau nécessaire afin que le liquide ne pèse qu'un degré à l'aréomètre.

Eau de gomme. Dans 2 litres eau, on fait fondre 1k,500 gomme du Sénégal.

Bain d'acide sulfurique à 1° ou 1° 1/2 pour aviver les couleurs (genre garancé sur soie).

MATIÈRES COLORANTES PRÉPARÉES QU'ON ACHÈTE ORDINAIREMENT DANS LE COMMERCE.

Extraits de bois de Campêche, ou de bois d'Inde;
Extraits de bois de Brésil ou de Fernambouc;
Extrait de bois de Sainte-Marthe, ou de Nicaragua;
Extrait de bois de Cuba;
Extrait de bois jaune;
Extrait de quercitron;
Orseille et extrait d'orseille;
Cochenille ammoniacale.

PRÉPARATION DES PRINCIPAUX BAINS OU DÉCOCTIONS DE MATIÈRES COLORANTES.

Bains de Campêche, ou de bois d'Inde. 9 kilos bois de campêche, réduit en minces copeaux, que l'on fait bouillir à trois reprises différentes, pendant une demi-heure chaque fois, dans une quantité d'eau suffisante; on réunit ensuite les trois décoctions que l'on fait évaporer, pour les réduire à 10 litres.

Le bain froid devra avoir une densité de 3° à l'aréomètre de Beaumé.

Bain de Campêche pour noir. (Recette anglaise). 35 kilog. bois de campêche en copeaux; 2 kil. 1/2 noix de galle pulvérisée; 25 seaux d'eau; faites bouillir à trois reprises différentes, et réduisez la décoction à 50 litres.

Bain de graine de Perse. — 1 kil. graine de Perse, et la quantité d'eau suffisante pour retirer, après trois bouillons, et après évaporation, 4 litres de bain colorant.

Autre bain pour tissus de laine avec chaîne en coton. — 5 kil. graine de Perse que l'on fait bouillir à trois reprises pendant une demi-heure chaque fois, avec 5 litres acétate d'alumine à 12° et 8 litres eau; réduire les trois bains par évaporation à 10 ou 11 litres qui doivent peser 14 à 15°.

Bain de quercitron. — 1 kil. de quercitron, et la quantité d'eau pour obtenir, après trois bouillons et après évaporation, 4 litres de bain.

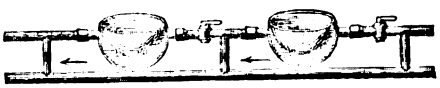
Bain d'orseille. — Faites bouillir pendant une demi-heure, et à deux reprises différentes, 8 kil. orseille dans 16 litres lessive caustique à 1°; évaporez ensuite les deux bains réunis pour les réduire à 8 litres.

Bain de Cachou. — 500 grammes cachou pur; 2 litres eau; 1 litre de vinaigre. On chauffe le tout lentement jusqu'à 60°; on laisse déposer la décoction pour en retirer 2 litres de bain clair.

Bain de noix de galle, pour noir. — (Même préparation que le bain de campêche); 3 kil. noix de galle concassée, et la quantité d'eau suffisante pour obtenir, après l'évaporation, 4 litres de bain pesant 6°.

Bain de Sainte-Marthe.—On obtient le bain de Sainte-Marthe, en faisant bouillir, à trois reprises différentes, 3 kil. bois de Sainte-Marthe dans une quantité d'eau suffisante; évaporant les trois décoctions réunies pour avoir 2 litres.

Les autres bains de bois jaune, de fustel, de curcuma, etc., et généralement toutes les matières colorantes végétales, se préparent de la même façon, et toujours avec grand avantage, en employant des chaudières en cuivre à double fond chauffées par la vapeur,



1218.

comme le représente la fig. 1218, avec lesquelles on n'a pas à craindre d'altération de la matière colorante.

COMPOSITION DES MORDANTS.

On désigne dans les ateliers sous le nom de *mordants* des substances qui possèdent une double affinité; l'une pour l'étoffe à teindre ou à imprimer; l'autre pour les matières colorantes qu'ils fixent sur les tissus d'une manière inaltérable par le simple lavage.

Chez les fabricants de toiles imprimées, on désigne presque généralement par *mordant* ou *mordant de rouge* ou *rouge d'alumine*, ou d'*acétate d'alumine*, celui à base d'alumine, regardé, improprement, comme composé uniquement d'acétate de cette terre.

Dans son mémoire sur le mordant rouge des fabricants d'indiennes, inséré dans le tome I de la société industrielle de Mulhouse, p. 325, M. Kœchlin-Schouh a donné le moyen de le préparer. Ce moyen consiste à verser peu à peu, et à la température ordinaire, une dissolution d'acétate de plomb dans une dissolution de sulfate d'alumine pur. On s'arrête au moment où il ne se forme plus de précipité dans la dissolution de sulfate d'alumine, qui doit être concentrée à 29° ou 30° de l'aréomètre, quand elle est bouillante : ce qui fait environ 31° à 33° lorsqu'elle est froide. Pour préparer l'acétate d'alumine, on prend de 110 à 115 parties de cette dissolution, et 100 parties d'acétate de plomb, dissous dans 30 parties d'eau. On obtient ainsi à peu près 200 parties d'acétate d'alumine, marquant à l'aréomètre 15° à 16°, et riche de 18 à 19 pour cent en acétate d'alumine réel. C'est à peu près le maximum de richesse auquel on puisse arriver immédiatement.

Le mordant de rouge marquant de 2° à 8°, sert à faire toutes les nuances de rouge, depuis le rose jusqu'au rouge le plus foncé, en le coupant plus ou moins avec de l'eau pour obtenir les nuances les plus faibles.

On prépare encore un mordant alumineux dont on fait un grand usage en Angleterre, surtout pour l'impression rouge au rouleau, où il présente beaucoup d'avantage pour les gravures très délicates. Il donne des roses et des rouges aussi beaux que l'acétate d'alumine. Ce mordant est l'aluminate de potasse que l'on obtient par le procédé suivant :

On fait bouillir pendant une demi-heure de la potasse du commerce en dissolution, étendue avec de la chaux vive comme pour faire de la *potasse caustique*. On décante cette dissolution caustique; on en prend 50 litres qu'on évapore jusqu'à n'en avoir plus que 36 litres, dont la densité est alors de 35°; on y dissout, par l'ébullition, 35 kilos d'alun; on laisse refroidir; il se dépose

Digitized by Google

du sulfate de potasse cristallisé; on soutire la partie claire, et on lave avec un peu d'eau qu'on ajoute à celle déjà décantée : on doit obtenir ainsi environ 40 litres d'une dissolution d'aluminate de potasse qu'on épaissit avec de l'amidon torréfié.

Mordant de noir sur coton. — Pyrolignite de fer, ou acétate de fer (voyez ACÉTATE DE FER), à 6° ou 7°. — Le même mordant à 1° ou 2° sert à faire le lilas; et à 2° ou 3° pour le violet. Lorsqu'il est mêlé avec le mordant de rouge, on obtient des puces ou grenats qui diffèrent suivant la proportion des mélanges. On colore les mordants avec une décoction de bois de campêche ou de graine de Perse, et l'épaississement de ces produits, dont l'expérience peut indiquer l'intensité, est fait au moyen de l'amidon, ou de l'amidon grillé et de la farine.

On délaie l'amidon avec un peu d'acétate d'alumine ou de fer, suivant le mordant que l'on veut avoir; on ajoute ensuite la farine, puis on fait cuire et bouillir le mordant pendant 6 minutes. On verse la couleur dans une terrine, et on la passe à travers d'un tamis lorsqu'elle est froide.

Mordant pour les couleurs sur étoffes de coton dites vaporisées, *parce qu'on les fixe par la vapeur sèche.* — Ce mordant est formé par deux moyens différents, et qui donnent des résultats identiques :

1° Avec un mélange d'eau, de protochlorure d'étain, et d'acide sulfurique;

2° Avec un stannate de soude ou de potasse, que l'on sature en passant les étoffes imprégnées et séchées dans un bain d'acide sulfurique faible.

Mordants pour rouge sur toile de fil, dite batiste. — 20 litres d'eau bouillante dans laquelle on fait dissoudre 10 kil. alun épuré, c'est à dire exempt de fer; puis on ajoute 10 kil. acétate de plomb; on fait dissoudre complétement et on tire le clair.

Le premier mordant pour rouge foncé devra peser de 5° à 8°; on épaissit à chaud, comme il est dit pour le mordant sur coton, avec 125 gr. amidon blanc et on colore le bain avec une décoction de bois de Fernambouc.

Le deuxième pour rouge intermédiaire à 4°; même épaississement.

Le troisième pour rouge clair (ou rose) à 2°; on l'épaissit à l'amidon grillé non coloré ou à la gomme.

Mordant pour noir composé. — 1 partie pyrolignite de fer à 7°, qu'on épaissit à raison de 125 gr. d'amidon par litre de bain.

Mordant pour couleur puce. — 1 partie de pyrolignite de fer à 14°; 1 partie mordant d'alumine à 10°; 1 partie eau. Même épaississement que ci-dessus.

Mordant pour les couleurs lilas ou *grenat* et leurs modifications; 1 partie pyrolignite de fer variant, suivant l'intensité de la nuance que l'on veut obtenir, de 1/2 jusqu'à 3°; 1 partie eau et 125 gr. gomme ou amidon grillé.

Mordant pour couleur carmélite.—On prend le même mordant que pour puce.

Quand on veut produire un dessin sur un fond déjà imprimé avec un mordant, on imprime préalablement avec l'acétate de fer, au lieu du pyrolignite de fer.

Mordant pour bleu de France, de M. Petit, sur tissus de pure laine.—2 litres eau; 31 gr. crème tartre en poudre; 16 gr. deuto-chlorure d'étain; on passe les étoffes dans ce bain pendant 1 heure à la température de 50 à 60°.

Mordant pour bleu de France, sur tissu de laine, avec chaîne en coton; par le même (pour 16 pièces par passe). — 500 gr. sel d'étain; 1 kil. acide sulfurique.

On ajoute de l'eau en quantité suffisante pour former un bain à 4°. Après chaque passe qui doit durer un quart d'heure, on ajoute un peu du mordant ci-dessus, afin que le bain pèse toujours 4°.

Lorsqu'il est nécessaire d'ajouter de la gomme en suffisante quantité, pour mordanter le tissu partiellement, on fait dissoudre le sel d'étain, avant d'ajouter la gomme, qui doit être bien pulvérisée, sans cela la composition tend à se coaguler.

Mordant pour velours de coton. — 100 gram. solution de potasse caustique à 36°; 40 gram. deuto-chlorure d'étain à 50°; 1 litre 1/2 d'eau. Ce mélange devient laiteux.

Mordant de rouge sur tissu de soie (genre garancé). — 12 litres eau bouillante dans laquelle on fait fondre 1k,625 d'acétate de plomb; 47 grammes acide tartrique. Lorsque la dissolution est opérée, on y ajoute 3 kil. alun, et l'on remue le mélange jusqu'à son entier refroidissement; puis, on le laisse reposer pendant 24 heures et on tire le clair, qui est le mordant demandé.

Mordant pour tissus de laine avec chaîne en coton. — 6 seaux d'eau; 625 gr. proto-chlorure d'étain, 1 kil. acide sulfurique.

On passe les pièces dans ce mordant pendant 10 minutes, ou 1/4 d'heure; on les bat, on les lave et on les fait sécher.

COULEURS ET TEINTURES POUR MOUSSELINE DE COTON (genre garancé).

On entend par *impression garancée, dessins garancés, ou genre garancé*, les tissus sur lesquels on imprime successivement les mordants nécessaires pour obtenir des couleurs différentes, que l'on lave ensuite dans un bain de bouse de vache (voyez BOUSAGE), et que l'on teint enfin dans un bain de garance ou de quercitron.

Nous joindrons ici quelques exemples aux recettes de couleurs pour en bien faire comprendre l'emploi.

Cerise pour deux pièces, ensemble de 24 mètres.

Mordant pour l'impression. — 1 litre mordant de rouge à 6°; 125 gr. amidon; 1/64 litre d'huile d'olive (on prépare cette composition au moins 24 heures, avant de s'en servir).

Bain de bousage. — 1 seau de bouse de vache; 1 1/2 pain de craie; on passe les 2 pièces imprimées dans ce bain pendant 20 minutes à 65°; on les lave et on les bat comme les toiles peintes, puis on les passe dans les bains de teinture suivants :

Bain de garance n° 1. — Remplir la chaudière à moitié d'eau; y faire bouillir 2k1/2 son; 187 gr. cochenille; emplir d'eau et chauffer à 50°; ajouter ensuite, 500 gr. garance; chauffer 1/2 heure à 50 ou 60°; et rincer les pièces.

Bain de garance n° 2. — On retrempe ensuite les pièces dans le bain n° 1, auquel on ajoute 500 gram. garance; on chauffe pendant 3/4 d'heure de 50° à 60°; on lave.

Cerise foncé pour 3 *robes* (ensemble de 36 mètres). — Mordant et bousage comme ci dessus.

Bains de garance. — 1 kil. 1/4 garance; 2k 1/2 son; 47 gr. craie; entrer les pièces dans le bain à 45°; y rester de 2 heures 1/2 à 3 heures, et monter jusqu'à 60° ou 70°; passer dans un bain de savon de 1k 1/4 à 1k 1/2; puis dans un bain léger d'acide sulfurique et de dissolution d'étain; rincer; virer dans un bain de savon de 750 gr. à la température de 65 à 70°; laver.

Couleurs dites garancées ordinaires, que l'on imprime sur fond blanc.

Rouge foncé. — 1 litre mordant à 8°; 125 gr. amidon; 125 gr. huile d'olive.

Rouge clair.—1 Litre mordant à 3°; 125 gr. gomme du Sénégal.

Les rouges sont colorés avec 1/64 litre bain de Brésil à 10°.

Puce. — 1/2 litre mordant à 8°; 1/2 pyrolignite de fer à 6°; 125 gr. amidon.

Lilas clair. —1 1/2 litre pyrolignite de fer à 2° 1/2;

Digitized by Google

3/4 litre vinaigre; 1/2 litre eau; 1/16 litre sulfate de cuivre à 125 gram. par litre; 1/16 litre mordant à 8°; 1k,405 gram. gomme.

Lilas fort. — 1/4 litre acétate de fer à 2°, 3/4 litre vinaigre, 125 gram. amidon.

Noir. — (Pour 3 robes, 36 mètres); 1 litre pyrolignite du fer à 8°, 125 gram. amidon.

Bousage. — 25 seaux eau, 1 seau bouse, 1/2 pain de craie, entrer à 65° C., y rester 25 à 30 minutes, ou 16 tours; laver, battre quatre fois, laver.

Teinture. — 1 kilogr. 62 gram. garance, 1 kilogr. son, 47 gram. craie (le double, pour 6 robes); 1re heure à 45°, 2me h. à 55°, 3me h. 65 à 75° C. Blanchir sur le pré, 2 bains de savon.

COMPOSITION DES COULEURS POUR L'IMPRESSION DES TISSUS DE COTON. (Genre vapeur.)

Rouge. — 5 litres bain de Sainte-Marthe à 5°; 1 litre bain de graine de Perse à 6°; 2 litres acétate d'alumine à 12°; 500 gr. alun; 62 gr. acide oxalique; 93 gr. nitrate de cuivre; 93 gr. dissolution d'étain.

Petit Rouge.—8 litres bain de Sainte-Marthe à 1/2 degré; y faire fondre, à la chaleur de 50°, 1 kil. alun. Quand l'alun est entièrement fondu, on ajoute 750 gr. acétate de plomb; puis on laisse reposer et on soutire le clair. On épaissit ensuite avec 1k 1/2 gomme. Enfin on ajoute à froid 156 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Jaune. — 1 litre bain de graine de Perse à 6°; 62 gr. alun; 16 grammes protochlorure d'étain; 375 gr. gomme de Sénégal.

Bleu. — 6 litres eau tiède; 562 gram. prussiate de potasse; 187 gr. acide oxalique; 250 gr. alun; 1k,750 gr. gomme.

Orangé. — 1k,500 gr. cendre gravelée, qu'on fait bouillir à quatre reprises différentes, et pendant 1/4 d'heure dans 6 litres d'eau; on a soin, après chaque cuisson, de laisser reposer et de décanter la liqueur claire; on délaie ensuite dans le bain formé par la réunion des quatre cuissons 1k,750 gr. Rocou; et on fait réduire le mélange, par l'ébullition, jusqu'à 10 litres; on épaissit à l'amidon grillé à raison de 375 gr. par litre.

Vert. — 1 Litre bain de graine d'Avignon; 31 gr. alun à chaud. Quand l'alun est fondu, on divise le bain en deux parties; dans l'une, on fait fondre à chaud 70 grammes prussiate de potasse, et 187 gr. gomme; et dans l'autre, 8 gr. protochlorure d'étain (sel d'étain), et 8 gr. deuto-chlorure d'étain.

Lorsque les deux mélanges sont refroidis, on les réunit.

Pure. — 3/4 litre bain de Sainte-Marthe à 5°; 1/4 litre bain de campêche à 8°; 62 gr. alun; 16 gr. sulfate de cuivre; 8 gr. acide oxalique; épaissir avec 375 gr. amidon grillé.

Noir. — 7/8 litre bain de campêche; 1/8 litre de pyrolignite de fer à 15°; on fait chauffer avec :

93 gram. amidon blanc;
47 gram. amidon grillé;
31 gram. acétate de cuivre.

En sortant du feu, on ajoute 62 gram. alun, et, quand le mélange est froid, 16 gram. nitrate de fer à 50°.

Bain pour lilas. — 8 litres bain de bois d'Inde à 3°; 4 litres bain de Sainte-Marthe à 4°; 1 kil. 500 gram. alun; faites chauffer à 50°. Quand l'alun est bien fondu, ajoutez : 1 kil. 250 gram. acétate de plomb; remuez jusqu'à ce que le mélange soit entièrement froid, laissez reposer et tirez le clair.

Lilas. — 1 litre bain ci-dessus; 1 litre eau; 750 gr. gomme de Sénégal; 16 gram. dissolution d'étain.

Bleu-faïence, appelé bleu de Chine ou anglais sur batiste. — Cette composition se trouve décrite dans l'Art de peindre et d'imprimer les toiles, par Goery (1800), puis dans l'art de peindre et d'imprimer les indiennes, par B.; enfin, Favier, chimiste, a publié, dans le tome XIII des Annales des arts et manufactures, page 174, les perfectionnements qu'il avait apportés à ce genre de teinture, qui ne s'exécutait alors qu'à la fabrique d'Oberkampf à Jouy.

Au résumé, les procédés sont encore aujourd'hui, à peu de chose près, ce qu'ils étaient autrefois; il y a, cependant, quelques manipulations nouvelles, que l'on appelle dans tout état *les tours de main*, et qui varient suivant les fabriques.

Les meilleures recettes se réduisent à celle-ci.

On introduit dans une meule creuse, que nous avons décrite page 525, de 5 à 6 kilog. indigo de première qualité, réduit en poudre grossière, et de 5 à 7 kilog. sulfate de fer, dissous dans 10 litres d'eau. On fait broyer pendant deux ou trois jours, jusqu'à ce que le mélange soit réduit en bouillie et ressemble à une espèce de gelée. On retire ce mélange de la meule, que l'on rince avec un litre d'eau que l'on réduit à la consistance de la première préparation. Si l'on veut avoir le bleu épaissi avec la gomme, on prépare une solution de gomme très épaisse, et on en ajoute à la préparation une quantité égale en volume. Dans le cas contraire, on ajoute encore 10 litres d'eau.

Cette couleur ainsi obtenue est désignée sous le nom de bleu normal ou bleu n° 1, et pour obtenir les différentes nuances dégradées, on augmente la quantité d'eau-gomme ainsi qu'il suit :

10 parties bleu n° 1, 2 parties gomme. — Bleu n° 2,
6 parties bleu n° 1, 6 parties gomme. — Bleu n° 3,
2 parties bleu n° 1, 10 parties gomme. — Bleu n° 4,
2 parties bleu n° 1, 16 parties gomme. — Bleu n° 5.

On emploie ces bleus de la manière suivante :

Impression d'un seul bleu pour un dessin gravé extrêmement fin. — A la planche à la main, bleu n° 3, épaissi à la gomme, ou mieux à l'amidon. Pour la planche plate ou le rouleau, bleu n° 2, épaissi à la gomme.

Impression d'un seul bleu pour un dessin gravé largement avec de grands pleins *que l'on appelle* mats. — A la planche : bleu n° 4 épaissi à la gomme, ou bleu n° 5, à l'amidon. A la planche plate et au rouleau : bleu n° 3, à la gomme.

Impression de deux bleus. — A la planche : 1er bleu n° 2 ou 3, à l'amidon; 2e bleu n° 4 ou 5, à la gomme. A la planche plate : 1er bleu n° 2, à l'amidon; 2e bleu n° 4 ou 5, à la gomme.

Impression de trois bleus. — A la planche : 1er bleu n° 3, à l'amidon; 2e bleu n° 4, à l'amidon; 3e bleu n° 5, à la gomme.

On monte quatre bains, dans lesquels on trempe et travaille les pièces imprimées, comme nous le verrons plus loin.

Premier bain de chaux vive pour les mordants. — Dans une cuve de 7 mètres de largeur, 2 mètres environ de hauteur, et remplie d'eau de rivière, on fait dissoudre 125 kilogr. chaux-vive, en remuant continuellement, jusqu'à dissolution complète.

Deuxième bain de sulfate de fer. — Dans une cuve pareille à la première, on fait une dissolution de sulfate de fer à 7°.

Troisième bain de soude caustique à 8°.— On monte ce bain dans une troisième cuve, en y dissolvant du sel de soude ou sous carbonate de soude cristallisé en quantité suffisante pour amener le bain à 8°; on y ajoute ensuite le 1/4 du poids de la soude en chaux vive, et l'on *pallie* ou trouble souvent la cuve pendant deux jours de suite; enfin, on laisse reposer le bain pour s'en servir.

Quatrième bain d'acide sulfurique marquant 1 à 1° 1/2 pour nettoyer les pièces. — Quand on a passé 50 ou 60 pièces dans les différentes premières cuves, il faut les alimenter par la quantité de drogues nécessaires pour leur conserver leur force.

Quelques fabricants préparent le bleu avec l'indigo,

Digitized by Google

le sulfate de fer et le 6e en poids de sulfure d'arsenic; d'autres, en ajoutant de l'acétate de fer au lieu d'eau; quelquefois on fait un mélange d'indigo, d'acétate de fer et de nitrate de plomb. M. Thillaye, auquel nous empruntons ces données, fait observer que, par l'addition de nitrate de plomb, on obtient des bleus qui ont une très grande vivacité.

COMPOSITION DES COULEURS POUR IMPRIMER LES TISSUS DE PURE LAINE.

Noir à l'amidon.— 10 litres bain de campêche à 3°; 2 litres bain de noix de galle à 6°; 2k,250 amidon; 93 gr. verdet cristallisé (acétate de cuivre); faire bien cuire pendant cinq minutes, au moins. Quand la couleur est presque froide, on ajoute 1k,250 nitrate de fer à 48°; et quand elle est tout-à-fait froide, on y mélange 1 kil. acétate d'indigo.

Noir à la gomme. — Il faut réduire 4 litres bain de campêche à 2 litres; y mêler 1 litre bain de noix de galle et épaissir avec 1 kil. gomme, ajouter ensuite à chaud 125 gr. alun, et 375 gr. sulfate de fer calciné.

Noir-bleu. (recette anglaise). — 12 litres décoction de bois de campêche à 4°; 1k,250 gr. amidon blanc; 1 kil. 125 gr. amidon grillé; 375 gr. carmin d'indigo; 375 gr. alun; 1k,375 gr. nitrate de fer.

Gris-poussière (recette anglaise). — 2 litres cachou à 1° 1/2; 500 gr. gomme; 62 gr. alun; 31 gr. acide tartrique; 47 gr. cochenille ammoniacale à 3°; 16 gr. acétate d'indigo à 10°; 31 gr. acide acétique, ou vinaigre.

Gris-bleu. — 6 litres eau; 31 gr. carmin d'indigo; 31 gr. cochenille préparée. On filtre cette solution, après parfait mélange; on ajoute 2 kil. gomme; 187 gr. alun; 31 gr. acide oxalique; 62 gr. deuto-chlorure d'étain.

Gris fin. — 3 litres eau; 750 gr. gomme; 93 gr. alun; 24 gr. acide oxalique; 24 gr. cochenille ammoniacale à 1°; 32 gr. acétate d indigo à 10°.

Gris ordinaire. — 6 litres bois jaune à 1/2; 2 litres cochenille ammoniacale à 3°; 156 gr. carmin d'indigo; 312 gr. alun; 156 gr. acide oxalique; épaissir avec 2 kil. gomme.

Rouge fin. — 500 gr. cochenille en poudre, bouillie dans une quantité d'eau suffisante, et dont on retire, après trois bouillons, et par évaporation, 2 litres 1/2 que l'on épaissit avec 312 gr. amidon presqu'à froid; et auquel on ajoute 93 gr. d'acide oxalique; on laisse reposer jusqu'au lendemain; et on ajoute encore 156 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Rouge ordinaire. — 500 gr. cochenille en poudre, dont on retire, par l'ébullition, 6 litres de bain; épaissir à froid avec 2k,750 gr. gomme en poudre, et y ajouter 250 gr. acide oxalique pilé, et, le lendemain, 250 gr. deuto-chlorure d'étain liquide.

Ponceau à la gomme. — 3 kil. cochenille en poudre que l'on fait bouillir dans l'eau, pour en retirer 16 litres de bain, que l'on épaissit avec 8 k. gomme, presqu'à froid; y ajouter 500 gr. acide oxalique; et, le lendemain, 1 kil. deuto-chlorure d'étain liquide.

Ponceau à l'amidon. — 2 kil. cochenille en poudre, que l'on fait bouillir pour en retirer 16 litres pots de bain; épaississez avec 2 kil. amidon blanc, presque à froid, et ajoutez-y 500 gr. acide oxalique; et, le lendemain, 750 gr. deuto-chlorure d'étain.

Ponceau (composition anglaise). — 4 litres eau dans lesquels on délaie 3 kil. amidon blanc, et on ajoute 3 kil. cochenille en poudre, que l'on fait bouillir pendant 1 heure dans 20 litres eau; faites cuire le mélange et ajoutez-y presque à froid 750 gr. d'oxalate de potasse (sel d'oseille); et 93 gr. protochlorure d'étain.

Jaune à l'amidon. 2 litres, décoction de graines de Perse; 1 kilog. d'amidon délayé dans 1 litre d'eau; ajoutez à froid 1 kil. de deuto-chlorure d'étain liquide.

Jaune à la gomme. 4 litres, décoction de graines de Perse que l'on épaissit avec 1 kilog. 500 gram. de gomme; et l'on ajoute 500 gram. de deuto-chlorure d'étain liquide.

Bleu foncé (Recette anglaise). 6 litres d'eau; 750 gr. de cochenille humide; 750 gram. de carmin d'indigo; 2 kilog. 500 gram. de gomme; 375 gram. d'alun; 157 gram. d'acide oxalique.

Bleu foncé (recette française). Faire fondre ensemble: 1 kilog. 500 grammes de gomme; 125 gram. d'alun dans 4 litres d'eau à moitié refroidie: on y ajoute ensuite à froid 93 gram. d'acide oxalique et 375 gram. de carmin d'indigo.

Bleu ordinaire. 1 kilog. 500 gram. de gomme; 125 gram. d'alun que l'on fait dissoudre dans 4 litres d'eau; ajoutez 125 gram. d'acide oxalique, et 250 gram. de carmin d'indigo.

Petit-bleu. 1 kilog. 500 gram. de gomme; 125 gram. d'alun; 4 litres d'eau à moitié refroidie; 157 grammes d'acide oxalique à froid; 125 gram. de carmin d'indigo.

Bleu dit bleu de France. — C'est M. Petit, coloriste à Saint Denis, qui a découvert cette belle couleur bleue-violetée au mois de mars 1842; et depuis cette époque les fabricants français s'en servent, préférablement à l'indigo, qui produit toujours une couleur bleu-verdâtre.

Préparation de la couleur. — 1 litre du prussiate rouge ci-dessus; 32 grammes acide sulfurique; 15 à 25 grammes sel ammoniac (une quantité plus considérable fait couler); de 62 à 125 grammes sel anglais ou sel pour rose, variant de 2 à 4° selon la nuance que l'on veut obtenir, de 500 à 575 gomme de Sénégal suivant la nature du dessin et le degré de température.

Ainsi, lorsque les traits du dessin sont fins, il faut ajouter une plus grande quantité de gomme. Lorsque les traits du dessin seront plus forts ou mats, et pour un fond, on met moins de gomme.

Quand la température est humide, on augmente la quantité de gomme; mais quand le temps est très sec on peut imprimer avec une couleur presque liquide.

La préparation du bleu sur tissus de laine et coton est la même, seulement on ajoute 31 grammes de sel ammoniac en plus et 125 grammes prussiate jaune pur. On mordante à froid les tissus, avant l'impression, dans le bain dont nous avons donné la composition plus haut.

On avive encore ce bleu en passant la pièce imprimée fixée et lavée dans un bain d'acide sulfurique à 1°.

Orangé au rocou. 5 kilog. de rocou sans feuilles; 16 litres de lessive caustique à 6°; chauffer en remuant sans cesse pendant l'espace d'une heure à 60° de chaleur seulement, et faire fondre ensuite 5 kilog. gomme pilée, sans dépasser la chaleur de 60° au thermomètre centigrade.

Dans certaines fabriques, on emploie: roucou, potasse, ammoniaque et amidon.

Orangé à l'amidon. 2 litres couleur jaune à l'amidon: 1/2 litre ponceau à l'amidon.

Orangé à la gomme. 3 litres couleurs jaune à la gomme, 1/2 litre ponceau à la gomme.

Grenat. 8 litres bain d'orseille que l'on épaissit à froid avec 2 kilog. gomme; on y ajoute ensuite 4 litres couleur-orangé au roucou, et 1 kilog. carmin d'indigo.

Bois à l'amidon 2 litres ponceau à l'amidon; 4 litres jaune à l'amidon; 250 gram. acétate d'indigo.

Bois à la gomme. 2 litres ponceau à la gomme; 3 litres jaune à la gomme, et 250 gram. acétate d'indigo.

Bois à l'orseille (recette anglaise). 3 litres orseille à 6°; 312 gram. alun; 93 grammes acide oxalique; 93 gram. sulfate de fer; 3 litres bain de graines d'Avignon et de fustet par égale portion, à 8°; et pour épaissir 750 gram. amidon.

Digitized by Google

Vert ordinaire. 10 litres bain de quercitron et 10 litres bain de graines de Perse, que l'on réduit ensemble à 10 litres; puis on épaissit avec 7 kilog. 500 gram. gomme, sans faire bouillir; on ajoute ensuite, en sortant du feu, 500 gram. acide oxalique; et à froid 1 kil. 500 gram. carmin d'indigo, et 10 litres mordant de rouge.

Vert foncé. 2 litres vert ordinaire; plus 125 gram. carmin d'indigo.

Petit-vert. 2 litres bain de quercitron et 2 litres bain de graines de Perse, que l'on mélange et réduit ensemble à 2 litres; on épaissit ce bain avec 1 kilog. gomme; et on y ajoute à froid 125 gram. acide oxalique, 1 litre mordant de rouge, et 1 litre vert ordinaire.

Vert d'eau. 2 litres bain de quercitron; 1 kilog. gomme; 62 gram. acide oxalique à froid; 1 litre mordant de rouge; 31 gram. acétate d'indigo.

Vert myrthe (recette anglaise). 5/8 litre bain de campêche à 3°; 2 litres bain de graine d'Avignon et de fustet à 8°; 157 gram. carmin d'indigo; ajouter 312 gr. gomme par litre; 187 gram. alun; 57 gram. nitrate de cuivre; on laisse reposer et vieillir cette couleur à laquelle on ajoute encore un peu d'alcool qui fait un bon effet.

Amaranthe. 3 litres cochenille ammoniacale, et 1 kilog. 500 gram. gomme que l'on fait fondre ensemble; puis on ajoute, en sortant du feu, 125 gram. alun pulvérisé, et, presque à froid, 157 gram. acide oxalique.

Violet-rouge à l'orseille. 1 litre bain d'orseille à 7°; 250 gram. gomme; 31 gram. protochlorure d'étain; 16 gram. carmin d'indigo ordinaire.

Violet foncé. 2 litres couleur amaranthe; 157 gram. acétate d'indigo.

Mauve. 2 litres cochenille ammoniacale; 2 kilog. gomme fondue dans 2 litres eau; en sortant du feu, ajoutez 157 gram. alun; et presque à froid 157 gram. acide oxalique.

Lilas. 2 litres couleur mauve; plus 62 gram. acétate d'indigo.

Rose fin. 1 kilog. 500 gram. gomme en poudre que l'on fait fondre à chaud dans 4 litres eau; lorsque la solution est à moitié refroidie, on y ajoute 312 gram. acide oxalique; et à froid 6 litres de couleur mauve.

Rose pour l'impression au rouleau (recette anglaise). 3/8 litre cochenille ammoniacale à 3°; 1/8 litre eau; 47 gram. alun; 2 gram. acide oxalique; 2 gram. acide hydrochlorique.

Puce. 2 litres bain de Sainte-Marthe; 125 gram. bain de Campêche à 3°; 62 gram. acétate de cuivre (verdet cristallisé); 375 gram. farine; faites cuire le tout ensemble et ajoutez à cette composition, et à froid, 250 gram. mordant de rouge, et 250 gram. nitrate de cuivre.

Chamois. 2 kilog. gomme pilée que l'on fait fondre dans 6 litres eau; et on ajoute ensuite à froid 2 litres couleur orangé au roucou.

Abricot (recette anglaise). 1 litre bain de fustet à 3°; 250 gram. alun; 31 gram. deutochlorure d'étain; 312 gram, couleur ponceau de la recette anglaise.

COULEURS POUR FOND SUR LAINE.

Écru. 6 litres d'eau dans lesquels on fait fondre 1 kil. gomme et 125 gram. sulfate de cuivre (couperose); puis il faut ajouter 1/2 litre couleur orangée au roucou, et 1 litre couleur.

Autre écru au cachou. 1/2 litre bain de cachou; 1 litre eau de gomme; 1 litre mordant de rouge; 1 litre eau; et ajouter 31 gram. nitrate de cuivre.

Lilas. 2 litres bain de bois de Campêche à 1°, épaissir avec 1 kilog. gomme; y faire fondre à froid 93 gram. acide oxalique, et ajouter ensuite à froid 2 litres mordant de rouge.

Gris. 4 litres d'eau et 1 kilog. 500 gram. gomme; ajouter à froid 47 gram. sulfate de fer, et de plus 2 litres de lilas pour fond.

Autre gris. 1 litre lilas pour fond; 1 litre écru pour fond; 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre eau de gomme; 125 gram. nitrate de cuivre, et 62 gram. deutochlorure d'étain.

Vert foncé (recettes anglaises). 6 litres bain de bois jaune à 12°; 1/2 litre bain de bois de campêche à 5°; 500 gram. carmin d'indigo; 375 gram. amidon; 2 kil. amidon grillé; 375 gram. alun; 63 gram. acide oxalique; 32 gram. deuto-chlorure d'étain; 375 gram. acétate d'indigo à 10 ou 11°.

Vert-olive. 3 litres gris pour fonds, et 2 litres vert-d'eau.

Vert-pistache. 2 litres bain de graines de Perse, épaissi avec 500 gram. gomme; 16 gram. acide oxalique que l'on ajoute à froid; 2 litres couleur gris pour fond.

Tourterelle. 1/2 litre couleur grenat; 1 litre eau gommée; 1 litre eau.

Couleurs dites de fantaisie pour fond, n° 1. 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre eau; 1 litre eau de gomme; 2 litres couleur écru au cachou.

Autre, n° 2. 2 litres couleur vert-d'eau; 2 litres couleur mauve.

Autre, n° 3. 2 litres couleur jaune pour fond; 2 litres couleur lilas ordinaire.

Autre, n° 4. 2 litres eau; 500 gram. gomme; 125 gr. sulfate de cuivre que l'on ajoute à froid; 1/2 litre couleur orangé au roucou.

COULEURS POUR TISSUS DE LAINE AVEC CHAINE DE COTON (Recettes de M. Sieber, de Manchester).

Rouge-ponceau. 6 litres cochenille (250 gram. par litre d'eau); 564 gram. amidon; 187 gram. acide oxalique à froid; 225 gram. deuto-chlorure d'étain; 24 gram. protochlorure d'étain.

Jaune. 1 litre bain de graine d'Avignon; 62 gram. alun : 8 gram. protochlorure d'étain; faire chauffer jusqu'au bouillon; 375 gram. gomme ou amidon torréfié.

Bleu ordinaire. 1 kilog. 500 gr. prussiate de potasse jaune; 875 gram. acide tartrique; 6 litres eau chaude; laissez déposer, et vous soutirerez environ 5 litres de liqueur claire à laquelle vous ajouterez 500 gram. carmin d'indigo dissous dans 4 litres d'eau; de plus 63 gram. alun; 16 gram. acide oxalique; 375 gram. gomme par litre.

Bleu foncé. 1 litre eau; 500 gram. prussiate de potasse; 500 gram. acide tartrique; vous laisserez déposer jusqu'au lendemain; vous ajouterez ensuite 250 gr. gomme par litre; 125 gram. carmin d'indigo; 62 gram. alun; 93 gram. sulfate d'indigo.

Bleu ordinaire pour l'impression au rouleau. 1/2 litre eau; 93 gram. prussiate de potasse; 62 gram. acide tartrique; 31 gram. acide oxalique; 8 gram. acide sulfurique : on laisse déposer; on soutire la liqueur, à laquelle on ajoute 1/2 litre eau; 62 gram. carmin d'indigo; 16 gram. alun; 16 gram. acide tartrique.

Grenat. 1 litre bain de Brésil à 4° 1/2; 255 gram. bain de fustet à 10°; 31 gram. bain de Campêche à 4°; 47 gram. alun; 31 gram. sel ammoniac, un peu d'alcool; 47 gram. nitrate de cuivre; 93 gram. amidon; 157 gram. amidon grillé.

Marron. 1 litre 1/4 bain de Fernambouc à 4°; 1 litre 1/4 bain de bois jaune à 8°; 3/4 litre bain de campêche à 2° 1/2; 410 gram. amidon grillé; 156 gram. alun; 87 gram. sel ammoniac; 172 gram. nitrate de cuivre.

Autre grenat. 20 litres bain de Sainte-Marthe à 6° 1/2; 7 litres 1/2 bain de Campêche à 4°; 2 litres 1/4 bain de quercitron à 10°; 2 litres 1/2 acide acétique (vinaigre) à 3° : on épaissit avec 2 kilogr. 250 gram. amidon ordinaire, et 3 kilogr. 750 gram. amidon grillé;

Digitized by Google

puis on ajoute presque à froid 1 kilogr. 250 gram. alun; 312 gram. sel ammoniac; 1 kilogr. 93 gram. nitrate de cuivre; on peut remplacer le vinaigre par 1/2 litre d'alcool.

Vert ordinaire. 20 litres bain de graines de Perse à 8°; 6 kilogr. 156 gram. bain de bois jaune; 3 kilogr. 600 gram. prussiate de potasse; 1 kilogr. 200 gram. acide oxalique; 640 gram. deuto-chlorure d'étain; 2 kil. carmin d'indigo délayé dans 500 gram. acide acétique à 10°; épaissir avec 10 kilogr. gomme.

Vert foncé. 6 litres bain de Cuba à 10°; 153 gram. alun; 1 kilogr. 688 gram. prussiate de potasse; 575 gr. acide oxalique; 188 gram. acide tartrique; 500 gram. sulfate d'indigo; 62 gram. acétate d'indigo : épaissir avec 4 kilogr. 250 gram. gomme pilée.

Lilas. 4 litres cochenille préparée avec 125 gram. par litre d'eau; 2 litres bain de campêche à 5°; 1 litre acétate d'alumine à 12°; 250 gram. alun; 3 gram. acide oxalique; 24 gram. bleu soluble; 31 gram. deutochlorure d'étain; 375 gram. gomme par litre.

Violet foncé. 1 litre couleur bleu foncé; 4 litres couleur lilas.

Noir. 42 litres 1/2 bain de campêche à 6°; 5 kilogr. amidon; 32 gram. sain-doux; 3 kilogr. 800 gram. nitrate de fer; 2 litres 1/2 pyrolignite de fer; 2 kilogr. 150 gram. acétate d'indigo.

Gris deuil pour impression au rouleau. 1 litre bain de campêche à 1°; 47 gram. dissolution du bleu Raymond; 250 gram. gomme par litre.

COMPOSITION DES COULEURS POUR L'IMPRESSION SUR TISSUS DE SOIE (genre garancé).

Rouge. 1 litre mordant de rouge sur soie; 500 gram. gomme du Sénégal; 1/16 litre bain de graine de Perse (faite avec 500 gram. graine, par 2 litres eau).

Puce. 1/2 litre mordant de rouge; 1/2 litre pyrolignite de fer à 8°; on épaissit avec 375 gram. amidon grillé.

Violet. 1 litre pyrolignite de fer à 2°, dans lequel on fait fondre 31 gram.; chlorure de sodium (sel marin), avec 375 gram. gomme.

Noir. 1 litre pyrolignite de fer à 12°; 93 gram. amidon blanc; 31 gram. amidon grillé; 16 gram. acétate de cuivre.

Cramoisi bon teint. 1 litre mordant de rouge; 16 gr. dissolution d'étain; recette lyonnaise; 1/16 litre bain de Ste-Marthe à 2°, pour colorer 375 gram. gomme.

COMPOSITION DES COULEURS SUR TISSUS DE SOIE, FOULARDS, ETC. (genre vapeur).

Rouge. 2 litres 1/2 bain de Sainte-Marthe à 5°; 1 litre mordant de rouge; 3/4 litre bain de graine d'Avignon à 10°; 125 gram. alun; 16 gram. nitrate de cuivre; 31 gram. acide oxalique; 125 gram. nitrate d'étain; 1 kilogr. gomme.

Jaune. 1 litre bain de graine de Perse à 8°; 62 gram. alun; 31 gram. protochlorure d'étain (chauffer jusqu'au commencement du bouillon); épaissir avec 375 gram. gomme.

Bleu ordinaire. 1 litre eau; 31 gram. alun; 31 gram. acide tartrique; 93 gram. carmin d'indigo; 437 gram. gomme du Sénégal.

Bleu clair (recette anglaise). 1/2 litre eau; 93 gram. carmin d'indigo; 312 gram. gomme; 16 gram. alun; 16 gram. acide oxalique; 31 gram. dissolution physique violette à 10°. (Composé de bain de campêche à 3° et de deuto-chlorure d'étain pour amener au degré voulu).

Gros bleu (recette anglaise) 1/4 litre acétate d'albumine à 10°; 1/4 litre bain de campêche frais à 4°; 156 gram. gomme; 16 gram. acide tartrique; 1/16 litre acétate d'indigo à 10°; 93 gram. carmin d'indigo; 16 gram. deuto chlorure d'étain.

Orangé. 1 kilog. 500 gram. cendre gravelée; 1 kilog. 500 gram. roucou : on prépare cette couleur, comme il est dit pour l'orangé sur coton (genre vapeur), et on la réduit par l'évaporation à 6 litres; puis on l'épaissit avec 375 gram. amidon grillé.

Vert. 14 litres décoction de graine de Perse; 5 kilog. gomme; 1 kilogr. 500 gram. alun à froid; 1 kilogr. 500 gram. carmin d'indigo.

Lilas (recette anglaise). 1/2 litre bain de campêche à 4°; 16 gram. cochenille ammoniacale; 2 gram. carmin d'indigo; 31 gram. gomme; 24 gram. alun; 8 gram. acide oxalique; 4 gram. deuto-chlorure d'étain.

Autre lilas (recette française). 1/2 litre bain de campêche à 3°; 4 litres mordant de rouge, y faire fondre 1 kilogr. gomme, et ajouter à chaud 31 gram. acide oxalique, et à froid 16 gram. nitrate de cuivre.

Vert pour imprimer. 1 litre bain de graine de Perse à 8°, dans lequel on fait dissoudre à chaud 62 gram. alun et 500 gram. gomme, et délayer ensuite 125 gram. carmin d'indigo; puis 62 gram. acétate de cuivre à 15°. Si l'on veut obtenir un vert plus foncé, on concentre davantage le bain de graine de Perse, et on augmente la quantité de carmin et d'acétate d'indigo; pour former un vert plus clair, on diminue la densité du bain, en ajoutant de l'eau de gomme, ainsi que la quantité de carmin et d'acétate d'indigo.

Violet. 1 litre bain de campêche à 4°; 1/4 de litre bain de cochenille ammoniacale à 3°; faire cuire le tout ensemble pour réduire à un litre, et ajouter 62 gram. alun; 312 gram. gomme; 62 gram. dissolution d'étain.

Rose ou petit rouge. 3 litres eau; 125 gram. cochenille en poudre; 31 gram. cochenille ammoniacale : on réduit le mélange à 2 litres par la cuisson, et on ajoute 31 gram. bi-oxalate de potasse (sel d'oseille); et après le repos, on tire le clair que l'on épaissit avec 375 gram. gomme par litre, et on ajoute à froid 16 gram. protochlorure d'étain; 16 gram. bi-oxalate de potasse.

Ponceau pour imprimer. 1 litre bain de cochenille fait à raison de 187 gram. cochenille par litre; 1/16 bain de quercitron à 6° que l'on cuit avec 125 gram. amidon blanc; puis on ajoute, en sortant du feu, 20 gram. bi-oxalate de potasse, et lorsque le mélange est tiède 15 gram. proto-chlorure d'étain; 13 gram. de oxy-muriate d'étain; et à froid 10 gram. dissolution d'étain.

Noir pour impression. 1 litre bain de campêche à 5°, dans lequel on délaie 93 gram. amidon blanc; 47 gram. amidon grillé, et on fait cuire; en sortant du feu, on mêle 47 gram. sulfate de cuivre, et à froid 62 gram. nitrate de fer à 55°.

Noir pour fond. 1 litre bain de campêche à 77°; 47 gram. sulfate de cuivre; 62 gram. acétate d'indigo; 47 gram. nitrate de fer à 55°; 470 gram. amidon grillé.

COULEURS SUR TISSUS DE LAINE ET SOIE (genre Thibet).

Rouge fin. 4 litres bain de Sainte-Marthe; 250 gram. cochenille moulue, il faut réduire ensemble à 2 litres; épaissir avec 2 kilogr., ajouter à chaud 125 gram. acide oxalique, et à froid 4 litres de mordant rouge n° 1.

Petit rouge. 1 litre eau de gomme; 1 litre eau, dans laquelle on fait fondre 31 gram. acide oxalique, et à froid 16 gram. deuto-chlorure d'étain; ajouter 1/2 litre de la couleur rouge fin sur Thibet.

Autre (*recette anglaise*). 3/4 litre bain de cochenille à 250 gram. par litre d'eau; 1/4 litre bain de quercitron (recette anglaise) à 3°; 93 gram. amidon; 31 gram. acide oxalique; 16 gram. proto-chlorure d'étain.

Puce-rougeâtre sur Thibet. Réduire 4 litres bain de Sainte-Marthe à 2 litres; épaissir avec 1 kilogr. 500 gomme; puis ajouter 1/2 litre mordant de rouge; et à froid 125 gram. muriate de zinc; plus 500 gram. nitrate de cuivre.

Bois foncé sur soie et coton (recette anglaise). 1/2 litre

Digitized by Google

cachou à 6°, 93 gram. amidon grillé, 16 gram. acétate de cuivre, 4 gram. sel ammoniac.

Bois clair (recette anglaise). 1 litre cachou à 6°; 250 gram. gomme; 32 gram. nitrate de cuivre.

COULEURS POUR L'IMPRESSION DES ÉTOFFES DE LAINE EN RELIEF.

L'épaississement de toutes les couleurs est ainsi composé : 100 gram. farine de blé noir, ou sarrazin, 1 litre de bain colorant.

Rouge. 1 litre bain de Fernambouc, 31 gram. alun; 10 gram. nitrate de cuivre.

Jaune-serin ou paille. 1 litre bois jaune ou de fustet; 70 gram. curcuma; 70 gram. alun que l'on met en sortant du feu. Le curcuma doit être cuit avec la farine.

Jaune-orangé 90 gram. proto-chlorure d'étain (sel d'étain); 70 gram. curcuma.

Vert. 1 litre bain de fustet; 70 gram. curcuma; 10 à 40 gram. sulfate d'indigo, suivant l'intensité de la couleur qu'on veut avoir. Pour obtenir les tons foncés on met plus ou moins de sulfate d'indigo.

Bleu. De 10 à 50 gram. carmin d'indigo, suivant l'intensité, de 5 à 25 gram. pour les tons intermédiaires; on ajoute un peu de sulfate d'indigo pour donner du mordant à la couleur.

Rose. Dégradation du rouge.

Ponceau mélangé de 1/10 de rouge, et 9/10 jaune orangé.

Amaranthe. 90 grammes cochenille ammoniacale par litre; on fait bouillir à trois reprises différentes, on réunit les trois bains que l'on réduit, par l'évaporation, à 1 litre. Avec ce bain on fait le *violet*, en ajoutant de 50 à 60 gram. carmin d'indigo.

Grenat. 1 litre bain de Sainte-Marthe, auquel on ajoute 5 gram. nitrate de cuivre à 48°, et à froid.

Bois. 4 litres bain de Fernambouc; 1 litre Sainte-Marthe; 5 à 15 gram. de nitrate de cuivre, suivant l'intensité de la couleur qu'on veut avoir.

Puce. On le fait comme le bois, mais on remplace le nitrate de cuivre par 300 gram. alun.

Noir. 1 kilogr. sulfate d'indigo; 100 gram. carmin d'indigo; 5 litres bain d'orseille à 1° ou 1° 1/2.

Autre, 100 gram. nitrate de fer, 1 litre bain de campêche épaissi; 25 gram. sulfate d'indigo que l'on ajoute après le refroidissement. On fait aussi du noir à la noix de galle et au sulfate de fer, ou à l'acétate de fer. Mais ce noir rougit à l'air.

Gris. Dégradation du noir; on l'obtient en ajoutant du blanc au noir, c'est-à-dire de la farine épaissie à l'eau.

Couleur jaune rongeant sur le rouge, le ponceau, l'amaranthe, le bleu, le vert, et sur toutes les couleurs qui ne contiennent point de sel de fer ou de cuivre. — 100 gr. farine pour litre d'eau; ajouter à froid de 100 à 300 gr. acide nitrique pur, et laisser le mélange en contact pendant huit jours au moins avant de s'en servir. Le rongeant est encore bien meilleur s'il est préparé plusieurs mois à l'avance.

COULEURS POUR L'IMPRESSION DES VELOURS DE COTON (genre vapeur).

Rouge. 1 litre bain de Fernambouc à 6°, chauffez à 35°; et faites dissoudre 500 gram. alun; 250 gram. acétate de plomb; 65 gram. sel marin. Laissez reposer le mélange pendant 24 heures, et tirez le clair; préparez séparément 2 litres 1/2 bain de Fernambouc à 6°, mélangé avec 125 gram. cochenille en poudre; faites bouillir et réduire à 2 litres. Lorsque ce bain est froid et filtré, vous le mélangez avec la première solution dans la proportion de 1 partie sur 3 parties de la première solution; vous ajoutez ensuite : 375 gr. gomme pour épaissir; 31 gram. bi-chlorure d'étain; 5 gram. nitrate de cuivre.

Jaune. 1 litre graine de Perse à 10°; 375 gram. gomme; 75 gram. protochlorure d'étain; faites bouillir pendant 5 minutes.

Bleu. 1 litre 1/2 eau; 3/4 litre acétate d'alumine à 10°; 750 gram. gomme; faites bouillir et laissez refroidir à 45°; vous ajoutez 325 gram. prussiate de potasse, et 75 gram. acide oxalique.

Vert. 1 litre graine de Perse à 10°; 500 gram. prussiate de potasse; on fait bouillir le mélange à la température de 50°. Après le refroidissement, vous mettez dans la solution 250 gram. acide tartrique; vous prenez 1/4 litre de ce bain dans lequel vous faites dissoudre 125 gram. alun, et 20 gram. bi-chlorure d'étain à 50°. D'un autre côté, vous épaississez les 3/4 litre qui restent avec 375 gram. gomme, que l'on fait fondre à 50°; et vous ajoutez ensuite le 1/4 de litre du bain précédent.

Violet. Dans 4 litres acétate d'alumine à 10°, on ajoute du bois de campêche en copeaux autant que le liquide peut en contenir; on fait bouillir pendant 1/4 d'heure, et on filtre le mélange au travers d'un tamis; on fait réduire à moitié le bain tiré à clair, en y ajoutant petit à petit 31 gram. d'acide oxalique, et 700 gram. gomme en poudre; puis à froid, 16 gram. prussiate de potasse dissous dans une petite quantité de bain froid.

Noir. 2 litres bain de campêche à 4°; 1/2 litre bain de pyrolignite de fer à 5°; 50 gram. amidon blanc; 160 gram. amidon grillé; on fait bouillir pendant 5 minutes environ, et on laisse refroidir à 45°; on ajoute ensuite à froid 325 gram. nitrate de fer; et vous remuez le mélange jusqu'à l'entier refroidissement.

On emploie ces couleurs, comme dans l'impression sur les tissus de coton (genre vapeur), en ayant toujours la précaution de mordanter et d'exposer les étoffes imprimées pendant 24 heures, dans une atmosphère un peu humide, avant et après le fixage.

MORDANTS, COULEURS ET PRÉPARATIONS POUR FAIRE DES DESSINS SUR LES TISSUS DE COTON GARANCÉS.

Mordant A. (pèse 8°). — 260 litres eau (mieux 160 litres eau, 100 litres vinaigre), 30 litres fernambouc, 70 kilogr. 1/2 alun, saturer par 4 kilogr. 67 gram. potasse dissoute dans 10 litres d'eau, 4 kilogrammes 687 gram. sel marin, 57 kilogr. acétate de plomb; bien agiter et employer trois jours après le dépôt formé.

Mordant B (pèse 100°). — 190 litres eau, 50 kilogr. alun, 50 kilogr. carbonate de soude, 75 livres acétate de plomb.

Mordant C (pèse 10 à 12°). — 114 litres eau, 36 litres vinaigre, 37 kilogr. 500 gram. alun, 3 kilogr. craie, 28 kilogr. 500 gram. acétate de plomb.

Le mélange des mordants B et C, dans diverses proportions, donne des rouges variés et beaux.

Impressions avec dessin groseille. — Traitement des pièces comme pour les garancés ordinaires, c'est-à-dire blanchir sur le pré, et au savon, ou au chlorure de chaux. Imprimer le mordant suivant : 1 litre mordant rouge A, 125 gram. amidon, 62 gram. sel d'étain. Le lendemain, ou tout au plus deux jours après, on lave les pièces dans 25 seaux eau. Passer les pièces dans un bain composé de 1/2 à 2 boisseaux son, 2 1/2 pains de craie, pendant 15 minutes, à la température de 45 à 55°; laver, battre.

Bain de teinture. — 2 kilogr. 1/2 son, décoction de 1 livre cochenille dans 16 seaux eau, dans lesquels on plonge les étoffes et on les y maintient à 45 ou 55°, jusqu'à ce que la nuance soit bien montée; laver, battre, sécher.

Si on laisse séjourner trop longtemps les pièces après l'impression, et si on les teint dans un bain trop chaud, ou trop longtemps, on produit une couleur maigre.

Digitized by Google

Noir d'application sur les garancés. — 1 litre 1/2 Campêche à 4°, 1/4 litre noix de galle à 6°; cuire avec 187 gram. amidon; ajouter 31 gram. sulfate de fer, 8 gram. sulfate de cuivre, 8 gram. acétate de cuivre, 187 gram. nitrate de fer, 21 gram. huile d'olive.

DES DIFFÉRENTS GENRES D'IMPRESSION.

Après avoir décrit les couleurs servant à l'impression des tissus, il importe d'en indiquer l'usage avant de décrire les procédés employés pour le travail. Ainsi que nous l'avons déjà dit, les couleurs garancées se produisent dans le bain de teinture, et les couleurs genre vapeur (on voit par leur composition qu'elles sont mélangées avec leurs mordants) sont appliquées directement, et fixées par le chauffage à la vapeur. Nous emprunterons à l'excellent Traité de Chimie élémentaire de M. Girardin quelques principes généraux sur le mode de les fabriquer.

Si on imprime à l'avance sur un morceau de toile de coton des dessins avec de l'acétate d'alumine, d'autres avec de l'acétate de fer, et enfin quelques-uns avec un mélange de ces deux sels; en passant la toile dans un bain de garance, nous aurons des dessins rouges avec le premier mordant, des dessins noirs avec le second, des dessins puces avec le troisième.

De même, en passant dans un bain de quercitron une toile chargée par places de mordant d'alumine, puis de mordant de fer, puis d'un mordant mixte composé des deux premiers, on a des dessins jaunes, fauve-verdâtres et olives.

Pour avoir une indienne fond blanc chargée de dessins noirs, rouges et jaunes, on imprime d'abord le mordant de fer; on *rentre* le mordant d'alumine; puis on passe dans un bain de garance, qui donne les deux premières nuances; on blanchit le fond blanc, et on rentre le jaune au moyen d'une décoction de quercitron, additionnée de dissolution d'étain et épaissie à la gomme; on lave à l'eau courante et on sèche, ou bien on rentre un mordant d'alumine, et on teint dans un bain de quercitron.

Pour les dessins *bleus*, on rentre sur l'indienne, déjà garancée, un mélange d'indigo, de soude caustique, et de chlorure d'étain convenablement épaissi; puis on passe dans une solution légère de potasse ou de soude, ou dans une eau de chaux saturée.

Pour les dessins chamois et rouille, on rentre avec un mordant d'acétate de fer plus ou moins concentré et épaissi; on passe dans une eau de savon; puis on rince. C'est alors du peroxyde de fer qui est fixé sur la toile.

Pour les dessins solitaires ou bronzes, on rentre avec une solution de sulfate ou de chlorure de manganèse; puis on passe dans de la lessive caustique, et ensuite dans un bain de chlorure de chaux, qui fait déposer, et qui fixe sur la toile du peroxyde de manganèse qui la colore.

Pour les couleurs brunes, carmélites et bois, on rentre avec une décoction de cachou épaissie et additionnée d'acétate de cuivre et de sel ammoniac.

Le bleu solide sur toile se produit avec l'indigo. Pour obtenir des dessins blancs et colorés sur un fond bleu, on imprime à l'avance, sur les endroits qui doivent présenter ces dessins, des compositions qui portent le nom de *réserves*, et qui ont pour objet, en fournissant de l'oxygène à l'indigo dissous dans les cuves, de le rendre insoluble et impropre dès lors à se fixer sur la toile. Le sulfate et l'acétate de cuivre, jouissant de la propriété de réoxygéner instantanément l'indigo soluble, sont surtout les substances qui font la base des réserves. Les sels de zinc servent aussi au même usage. On épaissit la dissolution de ces sels, mêlés en proportions convenables, avec de la gomme et de la terre de pipe ou de la farine. On imprime la réserve comme les mordants, et 24 heures après, on passe la toile dans une cuve de bleu à froid. L'indigo teint en fond uni toutes les portions non réservées. Après la mise en teinture, on passe la pièce dans de l'acide sulfurique faible pour enlever l'oxyde de cuivre qui s'est précipité dessus. Au sortir de ce bain acide, les toiles sont portées de suite à la rivière, où on les laisse tremper jusqu'à ce que toute la réserve soit emportée. Les dessins blancs apparaissent alors sur le fond bleu. Ces indiennes sont connues sous le nom de *bleu en réserve*.

Lorsqu'on veut produire des dessins colorés sur un fond bleu, on introduit des mordants dans la réserve; puis au sortir de la cuve à indigo, on lave la pièce pour enlever la réserve, et on la teint dans un bain de garance et de quercitron, selon la couleur qu'on veut obtenir. Ce genre d'indienne, par réserves mordantées, est connu sous le nom de *lapis*.

Quelquefois on introduit dans la réserve des sels qui, devant se trouver plus tard en présence de certains autres, produiront sur le fond bleu des dessins colorés, dus aux précipités résultant de la double décomposition qui s'effectuera au moment du contact des sels différents. C'est ainsi que, si l'on ajoute à la réserve des sels de plomb, et qu'on passe ensuite la toile, au sortir de la cuve au bleu, dans un bain de chrômate de potasse, on aura des dessins jaunes. Ils seraient *orangés*, si le bain de chrômate était additionné d'une certaine quantité de chaux, et maintenu à la température de l'ébullition.

Très souvent on s'y prend d'une tout autre manière pour avoir des dessins de diverses couleurs sur un fond uni. Tantôt, après avoir mordanté une toile, on applique en des points déterminés, au moyen des planches, des substances qui ont la propriété de dissoudre le mordant, et d'empêcher ainsi que la couleur ne prenne dans ces endroits, ce qui produit des dessins blancs sur le fond coloré. Ce sont ordinairement des acides végétaux, *citrique*, *tartrique*, *oxalique*, auxquels on associe quelquefois les acides minéraux, en petites quantités, pour aider à leur action. Tous dissolvent très bien l'alumine et le peroxyde de fer appliqués sur les toiles. On les épaissit avant de les imprimer.

Supposons qu'on ait appliqué sur du calicot un mordant d'acétate de fer pour le teindre en noir; si, lorsque le mordant est bien sec, on imprime un mélange d'acides nitrique, oxalique et sulfurique, épaissi avec de la terre de pipe et de la gomme; qu'on fasse sécher, qu'on lave et qu'on garance, la couleur noire se produira sur toute la toile, à l'exception des points où le rongeant aura été imprimé, parce que le rongeant aura enlevé le mordant en formant des sels de fer solubles. Ces points resteront donc blancs. C'est ainsi qu'on fait les toiles pour deuil.

On conçoit que ce qu'on fait sur le mordant de noir peut se faire de même sur les fonds de couleur puce, carmélite, violette, rouge, etc., puisqu'il ne s'agit que de passer d'abord un mordant de l'une de ces couleurs, puis d'appliquer un rongeant blanc convenable, et enfin de garancer.

Tantôt, après avoir teint une toile en une couleur déterminée, on imprime sur elle des rongeants qui détruisent la couleur qu'elle a reçue.

Soit une toile teinte en solitaire au moyen du peroxyde de manganèse. Si on imprime sur cette étoffe teinte une dissolution, épaissie de sel d'étain, celui-ci va ramener le peroxyde à l'état de protochlorure de manganèse, que le lavage entraînera, et par conséquent la toile redeviendra blanche là où le rongeant aura porté son action. On aura donc des dessins blancs sur un fond solitaire ou bronze.

Si l'on veut que les dessins, au lieu de rester blancs, aient une couleur différente, alors on mêle au rongeant, avant de l'appliquer, la couleur que l'on veut produire,

Digitized by Google

parce qu'aussitôt que la nuance du fond est détruite, la couleur s'applique aux endroits que le rongeant a blanchis.

Pour avoir des dessins jaunes sur un fond bronze, on imprime un rongeant jaune composé de sel d'étain et de chrômate de plomb épaissis; ou bien un mélange de sel d'étain, d'alun, et de bain de quercitron concentré.

Pour des dessins bleus, on ajoute au rongeant du bleu de Prusse délayé dans de l'acide hydrochlorique.

Pour les *verts*, on emploie un mélange de ce bleu avec le jaune ci-dessus indiqué

Pour les teintes orangées, on se sert du sous-chrômate de plomb.

Souvent, pour ronger les couleurs, et surtout les couleurs de grand teint avec la garance, on se sert du chlore; c'est ce qu'on appelle alors *des enlevages*. M. Daniel Kœchlin a fait connaître ce mode d'opérer, il y a une quinzaine d'années. Il consiste à imprimer, à la manière ordinaire, un rongeant blanc composé d'acides oxalique, tartrique ou citrique, sur les parties que l'on veut avoir blanches, et à passer ensuite rapidement l'étoffe dans une solution de chlorure de chaux, qu'on appelle cuve décolorante.

L'acide du rongeant appliqué sur la toile, décompose le chlorure, s'empare de sa base et met en liberté le chlore. Ce dernier ronge la couleur rouge et laisse du blanc partout où il a exercé son action. On lave de suite à grande eau, au sortir de la cuve décolorante, pour éviter que les liquides ne s'étendent et ne rongent plus qu'il ne faut.

En 1822, MM. Montheith et compagnie, de Glascow, imaginèrent un autre moyen fort ingénieux pour produire, par l'emploi du chlore, et à l'aide d'une presse hydraulique que nous décrivons ci-après, des dessins blancs sur des mouchoirs teints en rouge d'Andrinople.

IMPRESSION DES DESSINS SUR FONDS GARANCÉS, AVEC DES RONGEANTS OU DES COULEURS RONGEANTES.

Nous avons donné déjà la composition des mordants et des bains de teinture pour impression des étoffes (genre garancé), et la composition des couleurs d'application (genre vapeur); il nous reste donc, pour donner idée de la fabrication de tous les genres de tissus imprimés, à passer en revue les procédés qui reposent sur l'emploi des rongeants.

Le plus ordinairement on désigne les couleurs rongeantes sous le nom de rongeant rouge, vert, etc., suivi du nom du fond que l'on veut ronger. Souvent le même rongeant prend une autre désignation selon l'usage qu'on veut en faire. Ainsi, par exemple, le rongeant blanc sur fond solitaire prend celui de rongeant jaune sur fond olive.

Nous allons décrire succinctement les procédés actuels de ce genre de fabrication, en suivant la marche progressive des travaux, et donnant la série complète des opérations. Pour l'intelligence de la description, nous commencerons par donner la signification de quelques mots techniques; ainsi, *plaquer, foularder* un mordant, désigne l'opération d'imprimer le mordant sur les deux côtés de l'étoffe; *mattre* veut dire imprimer le mordant sur un seul côté.

Fonds garancés avec rongeant-blanc. Rouge et blanc. (pour 24 mètres). — 1° Plaquer le mordant de rouge à 8°, épaissi avec 16 gram. salep ou gomme adragante par litre; 2° deux jours après, cylindrer et imprimer avec le rongeant suivant : 1/4 litre eau, 157 gram. amidon, 250 gram. acide oxalique, 500 gram. acide tartrique, 16 gram. acide muriatique, 375 gram. terre de pipe, 1/64 litre acétate d'indigo à 10°; deux jours après; 3° dégommer dans un bain de 25 seaux eau, 2 1/2 pains de craie, 1 boisseau de son, à 55° C. de température pendant 1/4 d'heure; laver, battre deux fois; vider le bain de son à moitié, et emplir d'eau; 4° ajouter 1 seau de bouse, chauffer pendant 1/2 heure à 65° C.; laver, battre quatre fois; 5° teindre avec 1 kil. 310 gram. garance, 62 gram. sumac, 37 gram. craie, 1 boisseau son. 1re heure 30 à 45° C., 2me h. 45 à 50°, 3me h. 50 à 70°, 4me h. 100° C.; 6° laver dans un bain léger de savon et de chlore.

Puce et blanc (pour 2 robes). — Pour plaquer, 1 litre pyro-lignite de fer à 6°, 1 litre mordant de rouge à 8°, 500 gram. gomme. Après deux ou trois jours passer dans l'eau chaude à 55° C. trois tours; laver, battre deux fois, sécher, cylindrer; imprimer ensuite le rongeant du rouge; après deux jours, debouser à 70° C., pendant 1/4 d'heure, dans un bain formé de 1 seau bouse, 3 pains de craie, 25 seaux eau; laver, battre; deuxième debousage sur un bain frais, comme le précédent, 1/2 heure à 70° C., laver, battre, teindre en deux fois. Premier bain de garançage pour 5 pièces ou 60 mètres, pendant 2 heures, 125 gram. sumac, 1 kilogr. 500 gram. garance, 1 kilogr. son, à la température de 45 à 55° C. Deuxième bain de garançage, 125 gram. sumac, 1 kilogr. 500 gram. garance, 1 kilogr. son, 10 pains 1/2 craie, température de 55 à 100° C.; aviver dans un bain de savon et de chlore; exposer sur le pré.

Puce, blanc, et rouge. — Préparer comme ci-dessus, imprimer d'abord le rongeant blanc sur rouge, puis le rongeant rouge composé de : 1 litre mordant de rouge à 8°, 125 gram. amidon, 93 gram. sel d'étain; après deux ou trois jours de repos débouser pendant 1/2 heure à 75° C. dans 25 seaux eau, 1 seau de bouse, 2 1/2 pains de craie (pour 1 robe de 12 mètres); laver, battre, et teindre, pendant 2 heures à 45°, avec 100 gram. garance, 1 kilogr. son, 31 gram. craie; laver pendant 2 heures à 55 ou 65° C., avec moitié du bain précédent, 375 gram. garance, 2 litres Fernambouc à 10°, 2 litres décoction de cochenille; laver dans un bain de son de 75 à 100° C.; laver à la rivière et sécher.

Fond rose garancé, et blanc. — 1° Matter à la main avec mordant de rouge à 3°, épaissi légèrement à la gomme adragante ou de Sénégal; deux jours après, passer deux tours à l'eau chaude à 65° C.; laver, battre, sécher et cylindrer. Imprimer un rongeant blanc faible, débouser en deux fois en bouse et craie à 70° au plus; bien nettoyer et teindre; 2° matter comme ci-dessus et sans passage à l'eau chaude, imprimer de suite avec le rongeant, débouser comme ci-dessus, teindre pendant 2 heures de 45 à 55°, et 2 h. de 55 à 75° C., avec 1 kilogr. 500 gram. garance, 37 gram. craie, 3 kilogr. son (pour 24 mètres); bien rincer à la rivière; 3° passer dans un bain de savon à 1 kilogr. 500 gram., 1/4 heure de 55 à 65° C.; laver, passer dans eau tiede, contenant un peu dissolution d'étain (sel d'étain dissous dans l'acide nitrique) laver; 4° passer dans autre bain de savon bouillant, laver; 5° passer dans l'acide sulfurique à 1°; laver; 6° enfin, passer dans un bain de savon bouillant, et laver.

Fond amaranthe et blanc. — Plaquer avec mordant de rouge à 10° épaissi par 16 gram. salep ou gomme adragante par litre; deux jours après cylindrer et imprimer le rongeant blanc, le lendemain dégommer dans l'eau à 45° ou 55°, avec 3 seaux son, 4 à 5 pains craie (pour 24 mètres); laver, battre, rincer, teindre dans un bain composé de 250 gram. garance, 1 boisseau son, 500 gram. cochenille, 3 à 6 litres Fernambouc à 10°, 45 à 65° jusqu'à la nuance; laver, passer dans un bain de son à 65° pendant 1/4 heure, et laver; repasser dans un bain très léger d'ammoniaque pour virer au violet et nettoyer bien le blanc; 3 à 4 litres de Campêche, ajoutés au bain de garance, donne des nuances plus foncées et qui sont modifiées par l'ammoniaque en teintes fort agréables à l'œil.

Gris et rose, ou cerise rouge cochenillé. — *Gris*, 6/4 li-

Digitized by Google

tres pyro-lignite de fer à 3° 3/4 litres eau, 1/2 litre vinaigre, 1/16 litre sulfate de cuivre (à 125 gram. par litre), 1 kilogr. 250 gram. gomme. Le lendemain on imprime le rongeant rouge suivant; 1 litre mordant rouge A à 7°, 1 litre mordant rouge B, 250 gram. amidon, ajouter à froid 125 gram. sel d'étain. Le lendemain on dégomme comme pour le rose et groseille on rentre dans le bain de garance avec son et craie, comme pour les couleurs cochenillées; on lave, etc.

Lilas et noir d'application. — C'est le rose ou groseille auquel on ajoute du bain de Campêche.

RONGEANTS SUR ORANGÉ.

Blanc.—1 litre eau ; 141 gram. amidon ; 125 gram. acide oxalique ; 125 gram. acide tartrique ; 250 gram. deuto chlorure d'étain ; épaissir avec un peu de terre de pipe ou de kaolin.

Noir. — 1 litre Campêche à 4°; 137 gram. amidon ; 31 gram sulfate de cuivre ; 16 gram. huile ; 125 gram. nitrate de fer.

Bleu. — 2 litre eau; 125 gram. amidon ; 62 gram. acide oxalique ; 31 gram. acide tartrique; 125 gram. deuto-chlorure d'étain ; 62 gram. de bleu de Prusse.

Violet.— 1/4 litre Campêche à 4°; 1/2 litre mordant de rouge ; 1/2 litre eau ; 125 gram. amidon ; 47 gram. acide tartrique ; 137 à 187 gram. oxy-muriate d'etain.

RONGEANTS SUR BRONZE ET MARRON.

Les mêmes que bleu et blanc sur bistre et solitaire. Les rongeants rouges sont mauvais.

Fond bleu de Prusse avec dessin rouge et blanc (teinture par quatre pièces de 60 mètres).—1er bain : 3 litres de bleu Raymond (tartro-sulfate de peroxyde de fer); 250 gram. sel d'étain ; 20 seaux d'eau environ. 2e bain ; 625 gram. prussiate jaune ; 375 à 500 gram. acide sulfurique. Rester 15 minutes dans le 1er bain et rincer; 10 minutes dans le 2e, d'abord sans acide et rincer; 10 minutes au 2e, avec acide et rincer. Répéter chaque opération encore une ou deux fois et laver.

Rongeant à la planche à la main. — 4 litres lessive caustique à 10° ; 2 kilog. léiocome.

Rongeant à la planche plate. — 2 litres 1/2 lessive caustique à 12° ; 1 kilog. 500 gram. léiocome.

COULEURS RONGEANTES SUR FOND BISTRE OU SOLITAIRE.

Rouge n° 1. — 1/2 litre cochenille à 125 gram. par litre ; 1/2 litre Fernambouc à 3° 1/2 ; 31 gram. gomme adragante ; le lendemain, ajouter 62 gr. alun ; 125 gr. oxy-muriate d'étain ; 187 gram. sel d'étain.

COULEURS RONGEANTES SUR FOND CLAIR.

Rouge n° 2.—Faire séparément. Couleur A : 1/2 litre Fernambouc à 3 ou 4° ; 31 gram. gomme adragante ; 125 gram. précipité rouge ; 1/32 litre nitrate d'alumine à 15° 62 gram. oxy-muriate d'étain. Couleur B : 1/2 litre Fernambouc ; 31 gram. nitrate d'alumine ; 31 gram. oxy-muriate d'étain ; le lendemain, mélanger A et B, et ajouter 125 gram. sel d'étain.

Blanc.—1 litre d'eau ; 187 gram. amidon ; 125 gram. acide tartrique ; 95 gram. acide oxalique ; 312 à 375 gram. sel d'étain ; 31 à 47 gram. acide sulfurique.

Noir d'application sur blanc. — Le même que sur orangé. Le lendemain, laver, battre, passer en acide sulfurique faible; rincer, exprimer au foulard, sécher.

Couleur marron sur coton. — 1 litre cachou à 10° ; 47 gram. sulfate de cuivre ; 125 gram. nitrate de cuivre ; gommer ; passer au lait de chaux tiede, puis au bi-chrômate de potasse tiede, et laver.

bois. — 1 litre cachou a 10° ; 93 gram. nitrate de cuivre ; 157 gram. amidon grillé ; passer au lait de chaux et au bi-chrômate comme le marron.

Cramoisi vif sur coton. — 1/2 litre mordant A ; 62 gram. amidon ; 31 gram. sel d'étain. Imprimer avec cette composition, passer dans un bain de craie à 50° C., laver, battre et teindre dans : 18 seaux d'eau, 1 kilog. 200 gram. son, 500 gr. cochenille ; maintenir à 45° C. jusqu'à ce que la couleur monte bien ; alors porter au bouillon. Le Fernambouc donne aussi un brun rouge; le Campêche un beau puce.

Bleu sur coton. — 1 litre d'eau ; 500 gram. prussiate jaune ; 500 gram acide tartrique ; laisser déposer, tirer le clair, et y ajouter 312 gram. de gomme pour épaissir. Imprimer, laisser reposer pendant 10 minutes pour fixer, passer ensuite au bi-chrômate à 35 à 40° C., laver et sécher.

COMPOSITIONS POUR FONDS MÉTALLIQUES.

Vert. — Plaquer avec de l'acétate de cuivre à 23°, épaissi par 16 gram. gomme adragrante par litre; lessive caustique à 12° ; 250 gram. arsenic blanc dans 20 seaux d'eau à 55° centig.; laver.

Bleu. — Comme le vert sans arsenic.

Bistre. — Plaquer avec de l'acétate de manganèse, formé avec 15 kilog. sulfate de manganèse, 25 litres eau, 7 kil. 1/2 acétate de plomb, 25 litres eau, à 12° ; épaissir avec 37 gram. gomme adragante; sécher sans faire de plis; passer à la lessive caustique à 12° ; laisser oxyder à l'air ; laver.

Marron. — 2 litres acétate de manganèse à 12° ; 2 litres pyrolignite de fer à 10° ; 40 gram. gomme adragante ; passer à la lessive caustique à 12° ; laisser monter à l'air, et laver.

Bronze. — Plaquer avec le mordant formé de : 1 partie acétate de cuivre à 23° ; 1 partie acétate de manganèse à 12° ; passer dans la lessive caustique à 12° ; laisser oxyder à l'air ; laver.

Mordant orangé. — 2 kilog. 1/2 acétate de plomb ; 1 kilog. 250 gram. litharge ; faire bouillir avec 6 litres eau ; employer le clair.

Orangé. — Mordantez avec le mordant orangé ci-dessus; sécher; passer en eau de chaux trouble et tiede (20 seaux eau, 1 à 2 kilog. chaux); bien laver ; passer dans un bain de bi-chrômate de potasse à 1° ou 1° 1/2; monter la couleur à l'eau de chaux claire et bouillante pendant 5 minutes.

Jaune. — Comme orangé ; passage au bi-chrômate de potasse acidulé par acide nitrique ou muriatique, ou acétique.

IMPRESSION DES TISSUS DE SOIE (genre garancé).

Pour garancer une pièce de cinquante foulards on fait bouillir pendant un quart d'heure dans une quantité d'eau suffisante, 6 kilogr. son; 93 gram. agaric; 825 gram. colle forte, et on verse cette dissolution dans la cuve où l'on doit garancer, et qui doit être préalablement remplie d'eau froide. On verse ensuite 3 litres sang de bœuf frais, et on mêle bien; on passe la pièce de cinquante foulards, dont les deux bouts sont attachés pour ne former qu'une pièce sans fin, dans ce bain pendant un quart d heure, en ayant soin de la tenir bien au large sur le tourniquet (fig. 1244), puis on relève la pièce en dehors de la chaudière dans laquelle on met 5 kil. garance d'Alsace, et 375 gram. sumac.

Lorsque la dissolution est opérée, on fait retomber les pièces dans la chaudière, que l'on chauffe insensiblement pendant 1 heure, jusqu'au bouillon qui ne doit durer, du reste, que 5 à 10 minutes au plus. On retire ensuite les foulards de la chaudière, et on les fait battre et laver jusqu'à ce que l'eau s'écoule très claire. Cette pièce, en sortant du garançage, est très chargée en couleur ; pour la blanchir, on la fait bouillir dans

Digitized by Google

un bain de son pendant une 1/2 heure, on la rince et fait sécher.

Mordants, couleurs et diverses préparations pour faire des dessins sur tissus de soie, soit au moyen des couleurs rongeantes, soit au moyen des réserves.

Nous donnerons seulement quelques exemples pour faire bien comprendre les différents procédés.

Dessins bleus et blancs. Mordant pour bleu. — Acétate de fer ou mordant de bleu Raymond (voyez TEINTURE) étendu avec une suffisante quantité d'eau pour obtenir 4°; on passe les pièces de foulard dans ce mordant pendant une heure; puis on les enlève pour exprimer l'excès du mordant, soit par le tordage dans un filet (voyez page 1092, § 3), soit par tout autre moyen; et on les fait sécher sur le mordant pendant 24 heures; on donne ensuite un passage en bouse ou en craie à la température de 40°, pour enlever toute la roideur de l'étoffe; puis on les rince à l'eau claire, et on les bat bien.

On les passe ensuite à froid dans un bain de prussiate de potasse, auquel on ajoute un peu d'acide sulfurique; on les travaille dans ce bain à l'aide d'un trinquet pendant trois quarts d'heure ou une heure; enfin, on les rince, et on les étend pour les faire sécher.

Rongeant pour imprimer ou former le dessin blanc. — 1 litre potasse caustique à 24°; 375 gram. amidon grillé.

Quand les pièces imprimées avec la couleur rongeante ci-dessus ont reposé pendant 24 heures, on les lave bien sans les tordre et sans les battre; on les passe ensuite dans un bain d'acide sulfurique pour enlever la couleur rouille du mordant jusqu'à ce que l'on s'aperçoive que le blanc du dessin est net et pur.

Dessin rouge et noir. — On passe les pièces dans l'eau fraîche pour les faire tremper et les disposer ainsi à prendre le mordant, et on les tord. On prend du mordant de bleu Raymond, auquel on ajoute moitié de son poids d'eau pour l'amener à une densité moindre; on y passe les pièces pendant une heure; on les tord; les pièces sont ensuite séchées sur le mordant pendant 24 heures, lavées soigneusement, battues, essorées, séchées, et imprimées enfin avec la couleur rongeante suivante :

Couleur rongeante. — 1 litre eau bouillante; 375 gr. sel d'étain; 125 gram. bi-oxalate de potasse (sel d'oseille); 125 gram. dissolution d'étain. On laisse reposer cette dissolution pendant 24 heures, et on en soutire le clair qu'on épaissit avec 375 gram. amidon grillé par litre. Ensuite on passe les étoffes dans un bain de son à 30° de chaleur pendant 10 minutes; on les rince et bat bien. Puis on les teint en rouge dans un bain de Fernambouc, fait avec 1/5 bain et 4/5 eau, et auquel on ajoute un peu de son; on entrera les pièces dans le bain à 20° de chaleur, et on le chauffera peu à peu, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive que la couleur soit assez montée; mais on ne fera pas bouillir. Sans cette précaution indispensable, le rouge deviendrait obscur et terne. Cette opération doit durer 3/4 d'heure ou 1 heure au plus; lorsqu'elle est terminée, on rince les pièces, et on les bat jusqu'à ce que l'eau en sorte très claire.

Si l'on veut avoir des nuances plus ou moins violetées, on passe les étoffes dans un bain léger d'ammoniaque.

Dessin orangé par l'acide nitrique, appelé communément *mandarin.* — *Réserve :* 1ᵏ térébenthine de Venise; 2ᵏ colophane; 1ᵏ suif épuré; 1ᵏ cire. On fait fondre ces drogues sur un feu doux, en commençant par le suif et la cire; puis la colophane; et enfin, la térébenthine de Venise.

Les pièces sont imprimées avec cette réserve, puis séchées pendant un ou deux jours; ensuite, on les passe pendant deux minutes dans le bain acide formé de 1 partie eau pure, 2 parties acide nitrique, et que l'on chauffe à 50°; en sortant du bain, on les jette immédiatement dans l'eau claire, où on les rince bien pendant un quart d'heure. Après cette opération, on les fait bouillir pendant un quart d'heure dans un bain de savon, composé de 630 gram. savon et de 31 gram. potasse ordinaire par coupe de 7 mouchoirs. On rince et bat les pièces, et on les trempe de nouveau dans un bain de potasse, à raison de 16 gram. par coupe de mouchoirs, et à la température de 40 à 50°; on les lave et on les étend pour les faire sécher.

ÉPAISSISSEMENT DES MORDANTS ET DES COULEURS.

On emploie dans la composition des mordants et des couleurs, soit de la gomme du Sénégal, soit de l'amidon ou de la fécule à l'état naturel, soit de l'amidon de blé torréfié ou de la fécule torréfiée, soit de la farine. Ces substances végétales ont pour objet unique de donner aux couleurs et aux mordants une consistance homogène, épaisse et sirupeuse, afin qu'ils ne puissent pas s'étendre au-delà des traits du dessin imprimé. Mais, pour opérer convenablement, on verse peu à peu le bain de couleur tiède sur le corps gommeux. Toutefois, chacune de ces substances gommeuses, prise isolément, a un emploi tout à fait distinct, parce qu'elle donne aux liquides dans lesquels on la dissout une consistance fort différente. De plus, il est certains agents chimiques qui ne peuvent recevoir l'action de la chaleur sans éprouver quelque altération ou modification.

Le tableau ci-après, dû aux observations de M. Edouard Schwartz, de Mulhouse, fera parfaitement comprendre la nature des réactions chimiques auxquelles il faut avoir égard quand on épaissit des mordants et des couleurs.

D'après M. Thillaye, la plupart des réactifs ne font pas éprouver de changements sensibles à la solution de gomme étendue d'eau, sauf l'acétate de plomb qui forme

Les gommes ci-contre traitées à froid par :	Fécule blanche.	Fécule torréfiée.	Gomme arabique.	Gomme adragante.
Le stannate de potasse.	Un coagulum à la longue.	Coagulum instantané.	Coagulum.	Point d'effet.
L'aluminate de potasse.	Point d'effet.	Point d'effet.	Dito.	Dito.
L'acétate d'alumine. .	Dito.	Dito.	Point d'effet.	Dito.
Le proto-acétate de fer.	Dito.	Dito.	Dito.	Dito.
Le deuto-chlorure d'étain.	Dito.	Dito.	Coagulum blanc qui se redissout.	Dito.
Le deuto-sulfate de fer.	Dito.	Dito.	Dito.	Coagulum.
Le gallate de fer. . . .	Dito.	Dito.	Coagulum à la longue.	Point d'effet.

Digitized by Google

un précipité abondant. L'acide sulfurique, le persulfate de fer, le sulfate d'étain, les nitrates de fer, de plomb, de cuivre, de mercure, les chlorures de fer, de zinc, forment un coagulum plus ou moins abondant.

Les dissolutions d'étain, les nitrates de fer, de cuivre, les acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique, oxalique et tartrique, ont la propriété d'éclaircir la gelée d'amidon. Cet effet est d'autant plus sensible que la gelée est encore chaude.

Les solutions acides et alcalines, les nitrates d'alumine, de fer, de plomb et de mercure ne peuvent s'épaissir avec l'amidon.

Lorsqu'on fait cuire l'amidon avec une infusion de noix de galle, la solution est homogène; mais par le refroidissement, il se forme un précipité abondant.

Quoi qu'il en soit, et nous répétons textuellement l'opinion de M. Schwartz, fabricant distingué de Mulhouse, la fécule ou l'amidon peuvent être considérés comme le prototype des épaississants qui donnent lieu à une consistance d'empois; leur usage est indispensable pour presque toutes les impressions faites à la main.

La gomme du Sénégal, le prototype des gommes, produit des dissolutions de nature visqueuse, mais coulantes, et est principalement appropriée pour l'impression des fonds de toute espèce.

Enfin la gomme adragante peut être admise pour le prototype des mucilages, car elle fournit une consistance intermédiaire entre les deux précédentes; elle peut servir dans les cas où les propriétés chimiques de l'amidon ou de la gomme du Sénégal sont un obstacle à leur emploi. C'est effectivement d'après ces principes connus que quelques fabricants emploient secrètement de la gomme adragante, soit seule, soit alliée à un autre corps gommeux, dans l'épaississement de certaines couleurs.

L'amidon torréfié trouve ses applications les plus nombreuses dans l'épaississement des mordants pour bon teint, imprimés à la main, le jaune excepté, parce qu'il est un peu terni par les parties charbonnées que cette substance gommeuse contient; mais certaines compositions destinées pour l'impression excluent entièrement l'amidon grillé, soit à cause des impuretés qu'il contient, soit parce qu'il produit des effets dont les causes n'ont pas encore pu être bien déterminées.

La fécule grillée remplace aussi la gomme du Sénégal dans l'épaississement de plusieurs réserves et enlevages; on s'en sert également pour épaissir quelques couleurs d'application sur laine, soie et coton; mais un grand nombre de couleurs claires et lumineuses ne permettent pas l'emploi de cette substance, soit à cause de la teinte sale qu'elle leur communique, soit à cause de l'altération des nuances auxquelles elle donne lieu par suite de ses propriétés chimiques: ainsi, par exemple, elle jaunit un peu les nuances roses; elle fait virer le vert à l'indigo à l'olive, etc.

D'après les curieuses observations de M. Raspail, sur la fécule, on peut s'expliquer quelques difficultés que présente son emploi; d'abord elle ne donne jamais un empois aussi durable que la fécule de froment; celle-ci conserve sa consistance tant que la fermentation n'a pas lieu, tandis que la première se divise, par le refroidissement et par le repos, en un liquide gommeux et un dépôt formés en grande partie par les téguments. En effet, la consistance d'empois est due à l'état de suspension et d'agglomération intime de toutes ces pellicules dans le liquide gommeux; et comme cet état est dû particulièrement à la présence du gluten, et que la fécule de pomme de terre n'en contient pas, on peut se rendre raison, par-là, de l'inconvénient ci-dessus qu'elle présente. On peut y remédier, à la vérité, par une addition d'un sel de zinc ou de cuivre; mais ce remède n'est pas applicable dans toutes les circonstances.

La fécule torréfiée par un mode nouveau de l'invention de MM. Lefèvre et Chabert, et connue sous le nom de *leiocome*, présente cependant des qualités particulières que ne possède pas l'amidon torréfié par les procédés ordinaires sur des plaques rouges.

1° Elle est moins colorée que l'amidon de froment torréfié; cela peut s'expliquer en ce qu'elle contient moins de gluten et de téguments carbonisés.

2° Il en existe différentes sortes plus ou moins colorées, suivant les degrés de torréfaction. Ainsi, la sorte la plus claire est celle qui donne le dépôt le plus abondant à l'eau froide, puisqu'elle contient le plus grand nombre de grains de fécule encore intacts; la nuance la plus foncée, si elle a été poussée au degré de chaleur convenable, se dissout entièrement à l'eau froide, puisque tous les téguments s'y trouvent brisés et carbonisés par la torréfaction; mais c'est la sorte marquée n° 5, d'un roux foncé, que les imprimeurs considèrent comme le produit le plus gommeux et qui offre le plus d'applications.

Avec ces données, sanctionnées par l'expérience et par la pratique, on peut déterminer l'emploi des corps gommeux et épaississants de la manière suivante:

1° Pour imprimer un fond sur une étoffe, à l'aide d'une planche horizontale, on se sert de la gomme plus fluide, plus coulante et qui fait mieux raccorder les diverses portions de ce fond;

2° Par la même raison, la gomme s'emploie encore avec avantage pour les fonds imprimés au rouleau;

3° Pour imprimer à la main les dessins à traits délicats et fins, que l'on forme avec des lames de cuivre laminé, on emploie de préférence l'amidon cuit; mais, quand il s'agit d'imprimer des dessins détachés sur un fond, que l'on appelle communément *rentrures* ou *rentrages*, on fait usage de l'amidon ou de la fécule torréfiée, suivant la nature des couleurs.

L'épaississement des mordants a encore une grande influence sur la réussite de l'impression, et la combinaison du mordant avec le tissu.

Suivant M. Kœchlin-Schouch (voir *Bulletin de Mulhouse*, tome I^er^, page 354), deux mordants de même densité, mais épaissis avec des substances différentes, donnent des teintes dont l'éclat et l'intensité varient suivant la nature de l'épaississant; ainsi, on remarque qu'un mordant épaissi à l'amidon se combine plus facilement avec l'étoffe, et fournit des teintes plus foncées, que le même mordant et la gomme; pour produire certaines couleurs, la gomme est préférable, parce qu'elle communique aux nuances plus de transparence, attendu que, malgré le dégorgeage, il reste toujours un peu d'amidon avec le mordant.

La différence d'intensité de couleurs provient quelquefois aussi de l'augmentation de volume, occasionné par certains épaississants qu'on est obligé d'employer à plus forte dose pour obtenir une consistance égale.

Un mordant auquel on donne beaucoup de consistance, au moyen de la gomme, présente cet inconvénient que, séchant trop rapidement, il ne se combine que peu à l'étoffe et ne fournit que des couleurs faibles, tandis qu'on peut, sans rien craindre, augmenter la consistance par l'amidon ou la farine, suivant le besoin du genre d'impression.

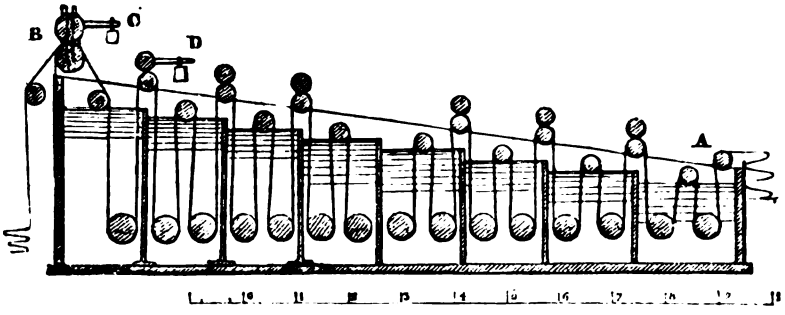
Lorsque plusieurs mordants, pour obtenir des teintes différentes, sont imprimés les uns sur les autres, on doit éviter qu'ils ne se confondent en se dissolvant. C'est ce qui a lieu surtout dans le cas où une impression délicate au rouleau est recouverte par un fond ou par de fortes masses de mordant. Alors il est essentiel que la première impression repose quelques jours avant d'y appliquer la seconde, et de varier les épaississants: ainsi, la première nuance, qui est toujours la plus foncée, pourra être épaissie en amidon; et la seconde en gomme du Sénégal, ou en amidon torréfié. Une impression déli-

Digitized by Google

cate au rouleau sera épaissie en amidon torréfié, et l'impression du fond en gomme du Sénégal. Dans ce cas, la première impression reste intacte, surtout si la dessiccation n'est pas trop lente. C'est dans le même but qu'on ajoute, pour marquer, à la première impression, une décoction de bois de Campêche et quelquefois d'acétate de cuivre ou d'indigo.

SÉCHAGE ET LAVAGE DES TOILES IMPRIMÉES.

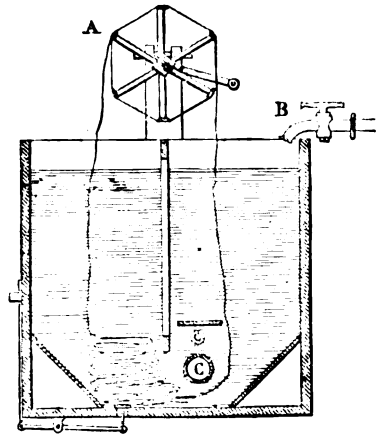
Après l'impression des mordants, on sèche les toiles dans un séchoir spécial, dans lequel on place des ventilateurs de distance en distance pour chasser, par l'évaporation, les acides employés dans la préparation des mordants. Les pièces doivent être bien étendues sur des lisoirs en bois, et la température du séchoir doit être de 50 à 55° pour que les bases des mordants se fixent solidement au tissu.



1249.

Bain de bousage.— On passe les étoffes dans le bain de bousage (voyez BOUSAGE), afin de les débarrasser de l'excédant des mordants et de l'épaississant; on emploie pour cette opération la cuve elle-même qui sert pour teindre en garance, en gaude ou en quercitron.

Cette cuve est construite en bois de sapin et carrée



1250.

(fig. 1250) ; elle est chauffée par la vapeur libre qui arrive par un tuyau en cuivre percé d'une série de petits trous et placé à 20 ou 25 centim. au-dessus du fond. Ce tuyau est recouvert par une planche, afin que l'étoffe ne le touche pas et ne soit pas altérée par la projection immédiate de la vapeur. On verse l'eau froide et clarifiée au moyen d'un robinet B placé en face de l'un des angles de la cuve. La figure fait bien comprendre que la toile est engagée d'abord sous le petit rouleau C qui est placé à 4 ou 5 centim. au-dessus du fond de la cuve; qu'elle embrasse la demi-circonférence du trinquet A disposé sur le bord supérieur de la cuve.

On tourne lentement le trinquet avec la main pour opérer un lavage plus complet et plus sûr, et l'on fait ensuite évacuer les eaux sales en tirant une tringle liée à une bascule qui soulève une soupape en cuivre placée sur le fond de la cuve.

Lavage des pièces. — On lave et dégorge les toiles à l'eau froide, soit à l'aide de la machine à laver avec rouleau d'appel, soit dans des roues à laver (voyez BLANCHIMENT), soit tout simplement avec un trinquet dans l'eau courante.

Dans plusieurs manufactures d'Angleterre, on emploie une machine à laver d'une construction particulière, et qui a pour but d'économiser le travail à la main et de garantir surtout l'uniformité et la régularité de l'opération.

La fig. 1249 représente la coupe verticale et longitudinale de cet appareil que l'on adopte généralement pour laver les pièces de calicot imprimées avec des couleurs de fantaisie, qui exigent toujours plus de soin qu'on ne peut en apporter dans le lavage ordinaire à la main.

Il est composé d'une cuve en bois divisée dans sa largeur en plusieurs compartiments égaux et qui varient seulement par la hauteur. La longueur est de 4m environ; la largeur est égale à celle des pièces de calicot ; la hauteur du compartiment le plus bas est de 1m,25, et celle du compartiment le plus haut est de 2m,50.

A la partie supérieure de la cuve est une paire de rouleaux en bois dur B dont la fonction est de presser et d'attirer l'étoffe par le frottement de roulement. A cet effet, le rouleau inférieur reçoit l'impulsion par le moteur de l'établissement. Les axes du rouleau supérieur B sont pressés par des leviers en fer auxquels sont suspendus des poids plus ou moins pesants.

Il y a aussi une paire de rouleaux placés au-dessus de chaque séparation de la cuve, qui sont destinés, comme les précédents, à presser la toile mouillée; la figure montre la disposition des rouleaux placés un peu au-dessus du fond de chaque compartiment, et sous lesquels passe l'étoffe.

Manière d'opérer. Les pièces que l'on veut laver sont cousues ensemble, et placées sur une table à droite de la cuve. Elles sont passées d'abord sur le rouleau supérieur A, puis sous les rouleaux placés au fond du com-

Digitized by Google

partiment le plus bas; ensuite elles sont engagées entre les deux rouleaux adaptés au-dessus de la première cloison; enfin elles passent sous les rouleaux placés au fond du deuxième compartiment, et ainsi de suite jusqu'au dernier compartiment, d'où elles sont attirées par le système de rouleaux compresseurs B.

L'eau claire arrive continuellement dans le compartiment supérieur, d'où elle s'écoule dans les compartiments successifs au travers d'une grille en tissu métallique placée verticalement sur la partie supérieure de chaque cloison.

On conçoit que les toiles très chargées de couleurs sont mouillées et détrempées d'abord en passant dans le compartiment le plus bas; puis et à mesure qu'elles traversent les compartiments supérieurs, elles se nettoient davantage et se débarrassent peu à peu de tous les corps étrangers et salissants qui les recouvrent; les corps étrangers sont détachés tout à la fois par le courant d'eau, par le mouvement donné à la pièce et par la pression des rouleaux eux-mêmes.

A l'aide de cet appareil, les étoffes sont lavées successivement dans une eau qui est de plus en plus propre. c'est là le véritable lavage méthodique, qui peut être modifié à volonté, soit en augmentant ou en diminuant la quantité ordinaire de l'eau de lavage, soit en diminuant ou en augmentant la vitesse avec laquelle les toiles sont entraînées au travers des divers compartiments, soit enfin en augmentant ou en diminuant la pression que les rouleaux du haut exercent sur l'étoffe mouillée.

Les parties blanches des toiles sont toujours plus ou moins colorées par le passage dans les bains de teinture; il faut donc les blanchir. Pour cela, on fait bouillir les tissus dans un bain de son ou de savon; quelquefois, lorsque la coloration est trop persistante, on les soumet au blanchiment avec des dissolutions légères de chlorure de potasse, de soude, de chaux ou de magnésie.

Nous reviendrons plus loin sur la question du blanchiment et indiquerons les principaux systèmes suivis. Nous traiterons en même temps de l'avivage, auquel plusieurs couleurs doivent être soumises.

GRAVURE DES DESSINS.

Il y a plusieurs sortes de planches gravées pour imprimer :

1° *Le bloc ou la planche de bois de poirier*, parfaitement plate, sur laquelle on transporte et grave le dessin en relief;

2° *Le bloc ou la planche de bois de poirier*, sur laquelle on implante et fixe à la même hauteur de petites lames de cuivre laminé et recuit, qui forment tous les contours et les traits fins du dessin. On fait *les pleins ou mats*, en remplissant les intervalles, formés par les lames de cuivre, avec du bois de tilleul qu'on enfonce solidement en frappant dessus avec un petit marteau; puis on coupe avec un instrument tranchant tout le bois qui dépasse les petites lames de cuivre;

3° La *planche métallique* en relief, laquelle est formée par la réunion de clichés métalliques fondus sur une planche dite *matrice;*

4° La *planche plate* en cuivre, gravée au moyen d'un poinçon, ou à l'aide d'un burin, ou à la manière usitée pour l'impression en taille douce;

5° Le *cylindre*, ou rouleau cylindrique, que l'on grave à la machine, ou à l'eau forte, etc.;

6° Enfin, *le cylindre dit à surface*, sur lequel sont appliqués et fixés des clichés métalliques offrant la reproduction en relief d'un dessin.

Planches. On fait les blocs ou planches, de quatre couches de bois, bien dressées au rabot, sur les deux faces. La couche du dessous est en bois de chêne de 12 à 13 millimètres d'épaisseur; les deux couches intermédiaires sont en bois blanc de même épaisseur, et la quatrième de 9 millim. d'épaisseur est en bois de poirier ou de pommier, qui sont des bois compacts et dont le grain est fin. Ces couches de bois sont superposées de manière que les fibres se croisent; elles sont jointes ensemble avec une colle dite au fromage, insoluble et inaltérable par l'humidité.

Voici la manière de préparer cette colle dont la composition est encore tenue secrète dans la plupart des ateliers.

Choisissez du fromage blanc, appelé fromage à la pie; mettez-le dans une bassine en cuivre, et brouillez-le avec un peu d'eau. Faites cuire ce mélange sur un feu doux pendant une demi-heure pour enlever tout le petit-lait qu'il contient. Comprimez ensuite la composition dans un linge un peu serré pour en exprimer toute l'eau. Faites recuire de nouveau en remuant toujours avec une spatule en bois pour éviter qu'elle ne s'attache et ne se carbonise au fond du vase.

Lorsque la composition est bien liée, ce que l'on reconnaît lorsqu'elle forme une pâte résiniforme et quasi-élastique, vous la retirez du feu, et vous en formez des boules que vous pétrissez dans les mains; vous les faites ensuite sécher lentement à l'air ou dans un appartement un peu chaud.

Enfin, vous râpez ces boules lorsqu'elles sont sèches, et vous conservez la poudre pour vous en servir suivant le besoin.

Voici la manière d'employer cette poudre de fromage :

Vous prenez un vase quelconque dans lequel vous mettez de la poudre en quantité suffisante pour le collage que vous voulez faire; vous jetez dessus et peu à peu de l'eau de chaux, en ayant soin de bien remuer avec une spatule en bois pour dissoudre et lier la pâte avec l'eau, et en former une colle de la consistance du miel. C'est dans cet état onctueux que vous employez cette colle, que vous étalez, égalisez sur la planche de bois avec la spatule elle-même; mais vous devez employer cette colle aussitôt qu'elle est faite, sans quoi vous ne feriez rien de bon. Les deux planches de bois blanc et celle de chêne étant barbouillées seulement d'un côté, vous les superposez l'une sur l'autre dans l'ordre que nous avons indiqué plus haut, en finissant toujours par la planche de poirier.

Vous comprimez enfin les planches collées par des serre-joints entre des madriers de bois, afin de faire adhérer la colle d'une manière invariable.

Si la colle a été bien faite, et si l'opération du collage a été menée avec activité et avec soin, les planches ne se décolleront jamais.

Quelques menuisiers colorent aussi la colle en y ajoutant un peu de rouge d'Angleterre (oxyde de fer calciné), qui augmente encore la prompte dessiccation de la colle.

Pour graver les planches, le graveur, après avoir décalqué sur un bois particulier chaque couleur du dessin fourni par le dessinateur et avoir marqué la place des 4 pointes dites picots qui servent à reporter le dessin; enlève, à l'aide de gouges, de ciseaux (voyez GRAVURE), tout le bois qui entoure tous les traits décalqués qui doivent rester en relief, et qui sont seuls destinés à porter les couleurs.

Les parties pleines et les fonds, que l'on appelle communément *mats*, sont indiquées par des hachures au crayon que le graveur conserve.

Pour faire un dessin au moyen de lames de laiton, on calque le dessin comme nous l'avons indiqué précédemment; puis on entaille tous les traits décalqués à l'aide d'une espèce de ciseau plat très petit, qu'on enfonce toujours à la même profondeur à l'aide d'un marteau. A cet effet, le petit ciseau porte sur l'une de

Digitized by Google

ses faces un petit butoir ou arrêt. C'est dans les entailles ainsi formées qu'on enfonce les lames de laiton laminé et découpé d'une hauteur uniforme ; mais on les contourne d'abord à l'aide de pinces ordinaires, suivant les contours du dessin ; ensuite, on les met toutes à la même hauteur, au moyen d'un petit poinçon limé dans la moitié de son épaisseur, à une hauteur égale à celle du relief de la gravure.

On dresse encore la planche, lorsqu'elle est entièrement terminée, à la lime douce et à la pierre ponce.

Planche métallique en relief. 1° On grave d'abord une partie de la planche, qui doit être répétée, sur un bloc de tilleul en bois debout de 6 à 8 centimètres d'épaisseur au moins et de la grandeur convenable.

2° Lorsque le dessin est fait, on prend un fer à repasser très chaud qu'on promène sur la superficie des lames de cuivre qui forment le dessin ; ceux-ci s'échauffent assez par le contact pour brûler ou carboniser légèrement le bois. En renversant la planche que l'on frappe légèrement par derrière, les petites lames de cuivre tombent facilement ; s'il en reste quelques-unes, on les enlève avec une pince plate.

Nous oublions de dire qu'avant de chauffer les lames, on remplit les pleins ou mats avec de petits brins de laiton fin que l'on tasse le plus possible. Ces brins se sèchent aussi par suite de la carbonisation ; mais ils laissent encore entre eux un peu de bois non brûlé qu'on détache avec un ciseau coupant.

3° On entoure la gravure ainsi faite, et que l'on désigne sous le nom de *matrice*, d'une feuille de carton mince que l'on cloue avec des pointes. Ce carton est destiné à former le *pied de la gravure*.

4° On recouvre cette matière d'une série de petites planches de bois de chêne ou de hêtre entaillées dans toute leur hauteur de plusieurs petits canaux semi-circulaires, dans lesquels on coule la composition métallique. Deux de ces canaux sont destinés à donner issue à l'air. Toutefois on a soin, avant d'opérer le coulage de la matière, de placer la matrice et les planchettes qui la recouvrent dans une espèce de caisse ou châssis en bois, et on les serre sur les quatre faces à l'aide de coins en bois.

La matière se compose de bismuth, étain et plomb par parties égales.

On conçoit facilement qu'à l'aide de cette méthode, on peut former une multitude de dessins, en variant la combinaison des pièces fondues, que l'on lie ensemble en passant un fer chaud sur le dos de la gravure.

La *planche plate* est encore gravée par les anciens procédés employés depuis trois siècles pour la gravure en taille-douce.

Rouleaux. On grave aujourd'hui de cinq manières différentes que nous citerons, en suivant l'ordre de la date de leur origine ou de leur exploitation industrielle en France :

1° Gravure au poinçon et au balancier, inventée par Gingenbre et Fiezenger, qui ont fait les premières expériences à la Monnaie de Paris en 1792. (Voyez *la Bibliothèque universelle de Genève*, tome XIV, page 58, année 1820.)

2° Gravure au poinçon-molette, à l'aide d'une machine à graver inventée par Perkins, Américain, vers le commencement de ce siècle.

3° Gravure à la molette roulante, perfectionnée en Angleterre, par Perkins et Fairmann, en 1820, et importée en France, en 1825, par MM. Haussmann frères, de Mulhouse.

4° Gravure à l'eau forte et au burin, au moyen d'un tour à guillocher, inventé par White en 1810.

Parmi ces diverses méthodes, les plus généralement employées sont la gravure au poinçon-molette et à la molette roulante. La gravure à l'eau-forte sert pour des genres spéciaux ; la gravure au burin est employée journellement pour gauffrer et imprimer des étoffes ; on fait usage de la gravure au poinçon et au mouton pour la reproduction des petits dessins détachés, parce qu'elle est la plus facile et la plus prompte dans ce cas.

Nous allons décrire ces diverses méthodes, d'après les détails de pratique que M. Feltrappe, graveur distingué, nous a mis à même d'observer dans ses beaux ateliers.

Gravure au poinçon. Elle consiste à graver un poinçon en acier non trempé, dont l'extrémité est de la courbure du cylindre destiné à produire le dessin. On le grave, on le trempe, et on l'applique sur la surface du cylindre qui est placé sur un tour à graver. (Voyez TOUR.) Le poinçon gravé est tenu au-dessus, dans une presse qu'on fait mouvoir parallelement au cylindre, d'une quantité voulue, au moyen d'une vis de rappel, dont la tête porte un plateau divisé qui règle la marche du poinçon. Cette même presse porte au-dessus du poinçon un petit mouton qu'on fait jouer à l'aide d'une pédale, et dont la chute peut être plus ou moins grande, suivant la force de percussion qu'il faut exercer sur le poinçon pour l'imprimer sur la surface du cylindre.

On imprime ainsi successivement le poinçon sur toute la surface du cylindre, et, si le dessin l'exige, on fait d'abord les contours avec un premier poinçon, et l'on revient avec un second poinçon pour remplir les *pleins*.

Gravure au poinçon molette. — Ce genre de gravure, comme son nom l'indique, participe tout à la fois de la gravure au poinçon et de celle à la molette. C'est tout simplement un poinçon gravé sur une portion de la circonférence d'une molette en acier, et qui en reproduit l'empreinte comme une molette.

Gravure à la molette.—Le dessin est exécuté d'abord en creux sur une molette ou cylindre en acier fondu, et non trempé. On tourne sa circonférence de manière que son diamètre soit dans un rapport exact avec celui du grand cylindre à graver, sur lequel on veut le répéter un nombre de fois déterminé. Pour exécuter les détails délicats, le graveur emploie souvent une loupe.

Ce rouleau étant gravé, on le trempe en le chauffant au rouge-cerise, après l'avoir préalablement renfermé dans une boîte en fonte remplie de suie calcinée ou de charbon végétal. On emploie aussi de la suie avec une addition d'os ou de charbon animal pour avoir une trempe plus forte. Enfin on le plonge dans l'eau froide pour opérer la trempe.

Lorsque la molette est refroidie, on la monte sur ses axes dans une machine spéciale appelée *presse à relever*, où à l'aide d'une pression et d'un mouvement de rotation donné au rouleau gravé, on communique son empreinte en relief sur une molette détrempée et dont le diamètre est dans un rapport exact avec celui du cylindre à graver. Le second cylindre est trempé à son tour par le procédé que nous avons indiqué plus haut.

Pour exécuter la gravure sur le cylindre en cuivre, on se sert d'une machine analogue à celle pour graver au poinçon ; mais on presse fortement la molette, qui tourne sur ses axes, contre le cylindre à l'aide de deux leviers funiculaires, tellement disposés, qu'avec un poids de 100 à 150 kil., on exerce une pression de 10 à 15,000 kilogr., suivant la disposition du dessin, de la profondeur de la gravure et de la dureté du cylindre à graver. Cette molette est disposée de manière à ce que son axe prenne, au besoin, une position parallèle, oblique ou perpendiculaire au cylindre, pour pouvoir graver circulairement ou en hélice, ou dans le sens longitudinal. Pour donner au cylindre à graver le mouvement continu ou simultané qui est nécessaire

Digitized by Google

pour imprimer le dessin convenablement, ses axes sont supportés par des poupées liées à des arbres qui portent des roues d'engrenages (voyez TOUR A GRAVER). Enfin les parties très étendues sont enlevées au burin, toujours à l'aide de la même machine.

Quand on a besoin de deux ou trois cylindres gravés et plus, pour imprimer en deux, trois et quatre couleurs, on grave les couleurs sur deux, trois ou quatre molettes semblables ; de manière que les contours des dessins se raccordent parfaitement ; mais il faut que les cylindres de cuivre, sur lesquels on veut graver, soient plus gros les uns que les autres.

Ainsi, le rouleau qui doit fournir la première couleur sera plus petit ; le second rouleau qui doit fournir la deuxième couleur sera un peu plus gros, et le troisième rouleau encore un peu plus gros, et ainsi de suite ; mais il n'en faut pas moins que le diamètre de chaque molette soit dans un rapport exact avec celui de chaque cylindre de cuivre.

Cette condition est indispensable, parce que l'expérience a démontré qu'une étoffe imprimée s'allonge et s'étend par l'humidité et par la pression. C'est pour corriger cette extension qu'on fait les cylindres successifs un peu plus gros, et le dessin dans un rapport croissant sur la largeur.

Gravure à l'eau-forte. — Pour ce genre de gravure, il faut employer un cylindre creux, avec un axe mobile ou creux ; on couvre d'un vernis de graveur le cylindre que l'on chauffe à la vapeur au travers de son axe. Ce cylindre est placé sur un tour à guillocher ; et l'on grave avec une pointe de diamant, à l'aide de laquelle on produit des dessins variés, en enlevant le vernis et mettant le cylindre à nu.

On plonge ensuite le cylindre horizontalement pendant cinq minutes, dans une auge en bois contenant un bain d'acide nitrique étendu d'eau.

Depuis quelque temps, M. Léon Godefroy, de Puteaux, livre au commerce des étoffes dont les fonds sont imprimés au rouleau, avec des cylindres gravés de deux façons différentes ; les uns par MM. Pigné et Pigache, graveurs de rouleaux à Puteaux, les autres par M. Feltrappe, à Paris.

Ces procédés sont tout à la fois si simples et si ingénieux, que nous ne pouvons les passer sous silence.

Voici le procédé de MM. Pigné et Pigache : ils font les mats, ou fonds pleins, en gravant au burin des filets annulaires très rapprochés ; puis, ils coupent les filets de distance en distance, par une petite molette qui porte des lignes obliques. Cette molette est imprimée à la manière ordinaire. Par ce moyen, les filets annulaires sont coupés de distance en distance, par des intervalles creux qui reçoivent la couleur, mais la molette a formé des petits crans ou arrêts dans les filets annulaires, lesquels retiennent la couleur et l'empêchent de couler.

M. Feltrappe, lui, grave tout simplement des filets, ou mille raies inclinées d'environ 14 centimètres, sur la longueur du cylindre de 70 à 80 centimètres.

DESCRIPTION DES MACHINES ET USTENSILES SERVANT A LA PRÉPARATION ET A L'IMPRESSION DES ÉTOFFES.

Les divers tissus que l'on soumet à l'impression peuvent être classés en huit catégories :

1° Les tissus de pur coton. — 2° Les tissus de lin ou batistes. — 3° Les cotonnades fil et coton. — 4° Les tissus légers de pure laine. — 5° Les tissus de laine chaîne-coton, — 6° Les tissus de laine mélangés de soie dits Thibet. — 7° Les tissus de pure soie. — 8° Les étoffes drapées, la flanelle, les velours de laine, de coton et de soie, le feutre.

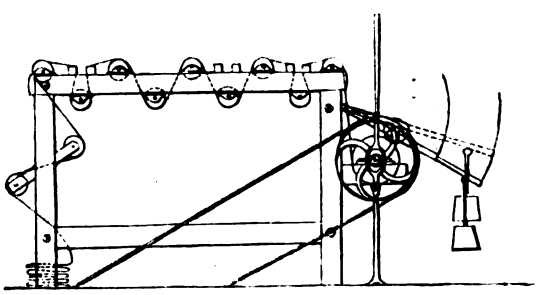
Chaque catégorie comprend elle-même divers genres ou modes particuliers d'impression que nous allons décrire successivement.

Préparation des tissus avant l'impression. — Les pièces sont livrées au fabricant en blanc, c'est-à dire blanchies ou en écru, et dans ce dernier cas, on les blanchit dans l'établissement même (voyez BLANCHIMENT, p. 385). Mais, avant de les soumettre aux diverses opérations, on doit les collationner, les inspecter pour s'assurer qu'elles ne présentent point des défauts, des déchirures que l'on répare et raccommode le mieux possible.

On marque et numérote ensuite les pièces ; 1° soit en brodant dessus les pièces les numéros avec du fil blanc, ou du coton, teint en rouge d'Andrinople ; 2° soit en se servant de l'encre d'imprimerie et d'un cachet gravé en relief (voyez ENCRE) : 3° soit avec une encre composée de savon vert, de térébenthine de Venise et d'oxyde de fer, ou d'ocre rouge calciné ; 4° soit enfin avec une encre quelconque à marquer le linge.

Lorsque les tissus sont blanchis, on les inspecte encore pour reconnaître s'ils n'ont pas éprouvé quelques accidents, quelques taches que l'on enlève par les procédés connus (voyez DÉGRAISSAGE).

Ensuite, les pièces sont épluchées et soumises à l'opération du grillage ou flambage, qui a pour but de détruire le duvet qui existe sur leur surface.



1251.

Grillage. — Cette opération s'exécute sur un seul côté, celui sur lequel on veut imprimer, à l'aide de divers appareils qui varient suivant les ateliers (voy. GRILLAGE).

Après le grillage, les pièces sont unies et lustrées par les cylindres (voyez CYLINDRE) ; puis elles sont cousues ensemble par leurs chefs, et enroulées sur un petit cylindre octogone, appelé bobine, à l'aide d'une machine à enrouler.

Machine à enrouler (fig. 1251). — Cet appareil est formé d'un bâti en bois, qui supporte, à sa partie supérieure, une série de petites barres en bois parallèles et fixes, séparées à des distances voulues par de petits rouleaux en bois, dont les axes tournent librement dans des coussinets. Ces barres et rouleaux sont destinés à maintenir les pièces au large et à effacer les plis.

La pièce qui est posée sur le plancher à gauche, comme l'indique la ligne en spirale, passe alternativement dessus et dessous les barres et les rouleaux ; elle enveloppe la demi-circonférence d'un tambour mû par le moteur de l'établissement. Elle s'enroule ensuite sur la bobine en bois, qui reçoit son mouvement continu par le contact du tambour.

L'axe de la bobine est fixe, carré, et mobile à volonté. Il est maintenu et pressé sur ses extrémités ar-

Digitized by Google

rondies par deux leviers, auxquels sont suspendus des poids très pesants ; le point d'appui de ces leviers est sur le bâti de la machine.

L'opération de l'enroulage est une des parties les plus essentielles pour imprimer au rouleau, à la Perrotine, et généralement pour tous les genres d'impresssion à la mécanique, aussi faut-il éviter de laisser passer des plis.

Cela fait, on imprime ou applique partiellement le mordant ou les couleurs sur l'étoffe, au moyen d'une planche ou d'un cylindre gravé.

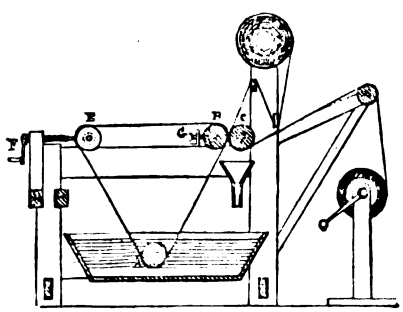
Pour imprégner ou plaquer entièrement l'étoffe d'un seul mordant, on se sert d'un foulard (voyez BLANCHIMENT, fig. 236). On place au-dessous du rouleau inférieur une auge en bois qui contient le mordant. La pièce est enroulée, comme nous l'avons dit, sur une bobine dont les axes reposent et tournent sur deux supports parallèles. Elle passe d'abord sur un rouleau placé un peu au-dessus du bord de l'auge ; puis, sous un petit rouleau disposé à 4 ou 5 centimètres au-dessus du fond de l'auge ; ensuite elle frotte sur une règle divergente (fig. 1252), et s'engage entre les 2 rouleaux presseurs, qui sont garnis d'une toile qui les enveloppe 5 à 6 fois. La pièce passe ensuite entre deux tringles de bois dites d'embarrage, qui sont destinées à la maintenir au large, et elle s'enroule enfin sur une seconde bobine.



1252.

Souvent on repasse une seconde fois la pièce dans le bain de mordant. A cet effet, on emploie un appareil double enroulé, et on opère comme précédemment.

La fig. 1253 représente une machine inventée par Gratri, en 1792, *pour teindre ou imprimer* les étoffes ; elle peut très bien servir pour cette opération.

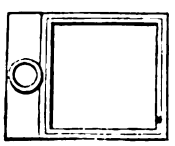


1253.

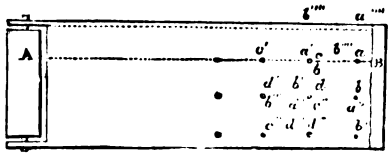
La couleur renfermée dans le vase inférieur est portée sur l'étoffe par le drap sans fin A, B, E ; celle-ci passe entre les cylindres B, C ; la masse de couleur accumulée sur la toile la pénètre complétement, et l'excédant, en passant entre les cylindres, tombe dans le réservoir A, en traversant l'entonnoir D.

Des vis de rappel, F, servent à tendre le drap sans fin suivant le besoin. A l'aide de deux vis, G, on peut avancer ou reculer le cylindre B contre le cylindre C, puis augmenter ou diminuer la pression, s'il y a lieu.

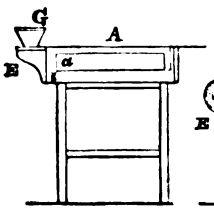
S'il s'agit de donner des couleurs différentes à diverses parties du tissu, on les imprègne successivement de plusieurs sortes de mordants, soit avec des planches à la main, soit avec la machine à plusieurs rouleaux, sur lesquels on a gravé séparément les parties qu'il s'agit d'imprimer.



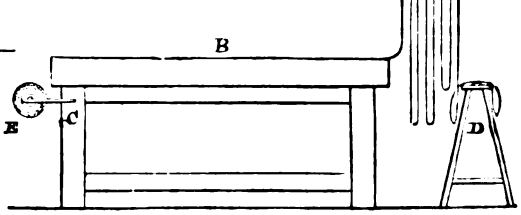
1254.



1255.



1256.



1257.

Il est essentiel que les mordants ne s'étendent pas au-delà des limites du dessin, et ne se mêlent pas ensemble, afin d'éviter la confusion et l'altération des nuances. Ce sont, du reste, les points les plus difficiles de l'impression proprement dite.

Au résumé, comme les machines et appareils servant à l'impression des mordants et des couleurs sont identiques, nous allons les décrire actuellement ; nous dirons après les règles que l'on doit observer dans l'impression des tissus de coton garancés.

Table à imprimer (fig. 1257). — Elle est formée d'un fort bâti en bois et d'un dessus fait avec deux des madriers en bois très sec ; sa surface est parfaitement dressée au rabot, et recouverte d'une couverture de laine bien tendue. Sa longueur est de 3 mètres sur 70 à 90 centimètres de largeur, et 12 à 15 centimètres d'épaisseur. Les deux extrémités de la bobine E sur laquelle on enroule les pièces destinées à être imprimées, reposent sur deux supports C, qui leur servent de coussinets. L'axe porte une manivelle pour dérouler la pièce d'étoffe sur la table, au fur et à mesure que l'on imprime ; à l'autre extrémité de la table est posé un cylindre en bois, garni de pointes qui accrochent et retiennent l'étoffe que l'on tend convenablement en tournant la manivelle de l'axe de la bobine E. Plusieurs rouleaux en bois F, sont placés sur des supports cloués au plafond de l'atelier. Ils servent à suspendre les parties de l'étoffe déjà imprimées pour les faire sécher. Lorsqu'ils sont garnis on plie l'étoffe sur le tréteau D.

Baquet servant à prendre la couleur (fig. 1256). — Ce baquet se compose d'une caisse rectangulaire en bois, supportée par un bâti que l'on nomme *porte-baquet*. On remplit cette caisse à moitié d'une solution très épaisse de gomme que l'on désigne sous le nom de *fausse-couleur*.

Sur cette fausse-couleur, on place un cadre en bois dont le fond est garni en dehors d'une toile cirée bien tendue et clouée à 10 ou 15 millimètres au-dessus du bord supérieur. Pour la conserver, on enduit sa surface d'une légère couche de graisse. Ce cadre remplit exactement la caisse A, de plus, il reçoit, dans son intérieur, un second cadre en bois, dont le fond est garni d'un drap à poils ras, bien tendu et cloué comme la toile cirée. C'est sur ce drap qu'un enfant, appelé *tireur*, étale régulièrement le mordant ou la couleur avec une brosse à longs poils de sanglier, appelée *brosse à tirer*.

Digitized by Google

La couleur est contenue dans une terrine en grès qui est posée dans une ouverture pratiquée dans la tablette E, fixée à demeure sur l'un des côtés du baquet.

Manière d'imprimer un bloc.— L'ouvrier imprimeur étend la pièce sur la table à imprimer, qu'il a recouverte préalablement, à 1 ou 2 centimètres du bord, d'une toile de coton, apelée *doublier*, plus large que l'étoffe à imprimer. Cette disposition est indispensable pour éviter que la couverture ne soit salie par la couleur que l'on imprime presque toujours au-delà des lisières.

Il imprime d'abord sur une feuille de papier blanc pour déterminer la trace exacte de la planche, afin d'obtenir un dessin qui se raccorde bien sur les deux lisières ; il marque ensuite la ligne des points de rapports A, B, sur le chef de l'étoffe elle-même, en se servant d'une règle et d'un crayon ou d'une pointe à tracer. Nous supposons, par exemple, qu'il faille trois coups ou trois mains pour remplir l'étoffe.

Le tireur étend très uniment la couleur sur le châssis, en promenant plusieurs fois les brosses sur le drap, en avant et en arrière, puis de gauche à droite, et réciproquement, de manière à former des traces ou lignes de couleurs qui se coupent à angles droits.

L'imprimeur pose la planche dans le châssis qui est placé derriere lui ou à sa droite, puis il la retourne lestement entre ses doigts pour prendre du mordant une seconde fois. Cette méthode a aussi un autre but, celui de distribuer plus également le mordant sur la planche; il porte aussitôt la planche sur la toile, en appliquant les deux points de repères *c a* sur la ligne de rapport A B, comme la figure l'indique. Il frappe dessus avec un marteau ou maillet garni en plomb.

Il prend de nouveau le mordant sur le châssis, et fait tomber, par le deuxième coup de planche, les picots sur *b d*, et la planche marque sur l'étoffe l'empreinte *b*, *d*, *b'*, *d'*.

Il prend encore de la couleur pour le troisième coup, et applique les picots *c a* sur *d' b'*, et forme une troisième empreinte *d*, *b*, *d''*, *b''*.

La première rangée étant finie, il en recommence une seconde en recouvrant, par le quatrième coup de planche, les picots *c d* par ceux *a b*, et formant l'empreinte *a'*, *b'*, *c'*, *d'* ; puis, par un cinquième coup de planche, il reporte les picots par *b b''* sur ceux *d d''*, et forme l'empreinte *b'*, *d'*, *c''*, *d''*. Il revient ensuite à la partie comprise entre la ligne de rapport AB et la lisière, et il pose les picots *d' b'* sur ceux *c' a'*.

Il recommence une troisième rangée de la même manière qu'il a exécuté la deuxième rangée, et ainsi de suite.

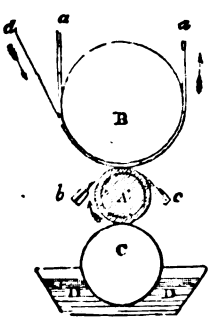
Lorsque toute l'étendue de la table est imprimée, l'imprimeur déroule la bobine E, tire l'étoffe imprimée vers le quatrième rouleau d'en haut F ; il étend ensuite une nouvelle portion de l'étoffe qui n'est pas imprimée, et il procède pour l'impression comme nous l'avons indiqué.

La pièce étant imprimée entièrement avec un premier mordant, par exemple de première main et séchée de même, on procede, s'il y a lieu, à l'application d'un second mordant, puis d'un troisième et jamais plus. Nous avons déjà dit, en traitant de la gravure sur blocs, que les planches de rentrures portent des picots qui doivent coïncider avec ceux de la première planche dite d'impression. Il suffit donc de faire tomber, en imprimant, les picots de rapports des planches de rentrures sur ceux de la première planche d'impression. Si l'impression a été bien faite, le dernier coup de planche recouvrira et cachera tous les picots de rapports qui se prennent ordinairement dans le dessin même.

Impression par la planche-plate. — Nous ne donnerons pas la description détaillée de la planche-plate qui ne diffère, d'ailleurs, de la machine à imprimer au rouleau, que par la forme de la planche gravée qui est plate, et par le mode d'étendre la couleur sur cette planche. Du reste, l'impression s'exécute à la maniere usitée pour l'impression en taille-douce.

On prend la couleur, à l'aide d'une brosse en poils de sanglier, dans une bassine en cuivre placée un peu au-dessous du chariot sur lequel repose la planche gravée, et on l'étend avec célérité sur la planche gravée. On pousse aussitôt le chariot sous le rouleau de pression ; et, dans ce mouvement, la planche est essuyée par une lame d'acier ou docteur, qui enlève toute la couleur, à l'exception de celle qui remplit les creux de la gravure.

Impression au rouleau. — Comme nous l'avons dit dans l'historique, on doit à Bonvalet la premiere idée d'imprimer les étoffes de laine au rouleau, vers 1755 ; cette méthode a été étendue depuis, à l'impression de toutes les étoffes, et singulièrement perfectionnée par Oberkampf, N. Hobson, etc. La fig. 1258 représente la coupe verticale d'une machine à imprimer au rouleau à une seule couleur, sans le bâti et les accessoires.



1258.

A, cylindre gravé, maintenu par son axe dans une position horizontale.

B, cylindre de pression en fonte de fer dont la moitié de la circonférence est enveloppée par un drap sans fin *d*, afin de donner un léger degré d'élasticité à la pression. Ce drap sans fin est recouvert, en outre, par une toile sans fin, appelée doublier, qui circule avec lui, suivant la direction de la flèche et le garantit de l'impression des couleurs.

On rend considérable la pression du cylindre, au moyen de leviers appuyant sur son axe et auxquels on suspend des poids.

C, cylindre en cuivre, recouvert en drap. Il roule dans l'auge en cuivre D qui contient la couleur, et la transmet au cylindre gravé A.

b, racle ou docteur en acier fondu, maintenue dans toute sa longueur dans une pince à vis, au moyen de laquelle et des vis de pression, on la fait appuyer contre le cylindre gravé, en même temps qu'on lui donne, dans le sens de sa longueur, un mouvement de va-et-vient.

c, autre racle semblable à la première, mais placée derrière le cylindre, où elle n'a d'autre fonction que de le débarrasser des filaments qu'il entraîne quelquefois avec lui, et qui viendraient se mêler à la couleur.

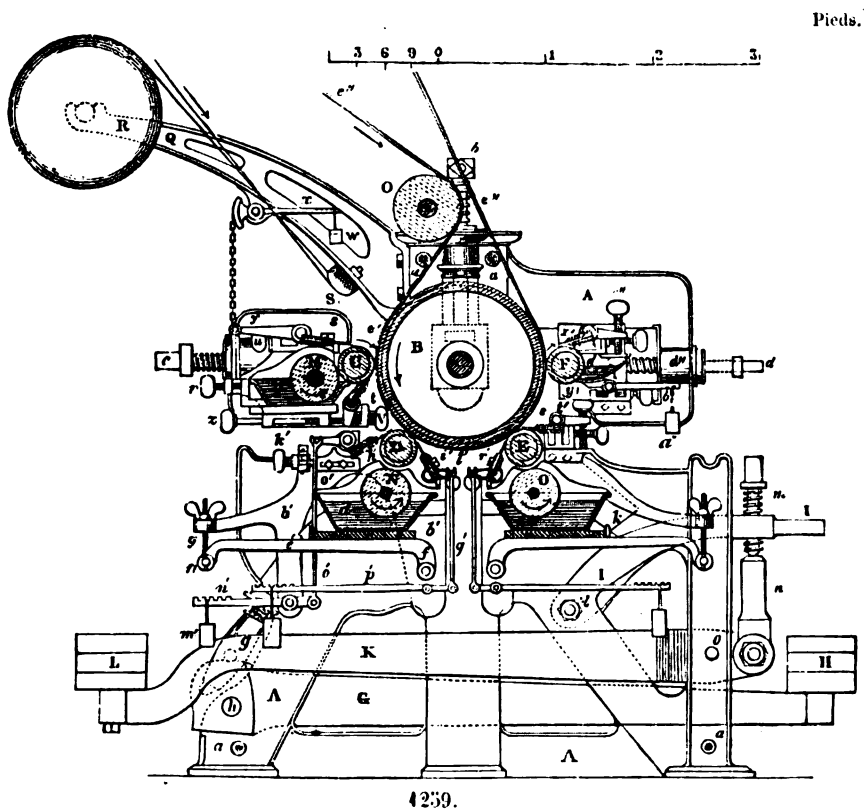
On conçoit aisément le jeu de la machine qui est mise en mouvement par une force mécanique.

La pièce de toile à imprimer, à chaque bout de laquelle on a cousu une vieille toile, est enroulée sur une bobine, comme nous nous l'avons déjà dit ; on pose cette bobine au point *d*, en arrière des cylindres; on engage un bout de la vieille toile cousue avec la pièce, entre les cylindres A, B ; suivant la direction indiquée par la flèche ; et on l'accroche à une tringle en bois de la largeur de la pièce; cette tringle est maintenue horizontalement et parallèlement aux cylindres, par une ficelle qui entraîne la pièce verticalement, lorsque la machine est mise en mouvement; alors, la toile pressée entre les deux cylindres A, B, vient successivement se faire imprimer en dessous par le cylindre gravé A, dont les creux sont remplis de la couleur qui est fournie par le cylindre C, qui trempe continuellement dans l'auge D.

La toile monte verticalement et se dessèche en même temps sur un appareil à vapeur, composé d'une série de cylindres horizontaux et creux, qui sont disposés derrière le drap sans fin.

Digitized by Google

La fig. 1259 représente une coupe transversale d'une machine à imprimer à 4 couleurs : A,A, est l'un des deux châssis latéraux en fonte de la machine, qui sont réunis l'un à l'autre au moyen de boulons à écrous *a*, *a*; B, est un grand rouleau de pression en fonte, dont les tourillons portent sur des coussinets qui peuvent se mouvoir dans les coulisses verticales ménagées dans les



1259.

châssis A, A; de fortes vis en fer *b*, qui traversent des écrous en laiton fixés à la partie supérieure des châssis A,A, viennent buter contre les coussinets qui portent les tourillons du rouleau de pression, et permettre à ce dernier de résister à la pression de bas en haut, qu'exercent sur lui les rouleaux qui servent à l'impression des couleurs placées au-dessous. C, D, E, F, sont les 4 rouleaux gravés servant à l'impression des couleurs, dans l'ordre indiqué; le premier et le dernier C et F, sont portés par des coussinets en laiton mobiles dans des coulisses horizontales pratiquées dans les châssis A, A, et doivent venir s'appuyer sur le rouleau de pression B, un peu au-dessus de son axe; leur pression est déterminée au moyen de vis *c* et *d*, qui traversent des écrous en laiton fixés d'une manière invariable au châssis. La partie de ce dernier, dans laquelle les coussinets et les vis se trouvent, a une forme curviligne, ce qui facilite la mise en place des rouleaux C et F, et leur donne une sorte d'élasticité qui leur permet de se prêter aux inégalités de l'étoffe à imprimer. Les coussinets des rouleaux D et E sont également mobiles dans des rainures dont l'axe converge vers celui du rouleau B, et sont pressés dans cette direction par un système de leviers et de poids : les coussinets du rouleau D sont portés par des tiges cylindriques, qui passent dans les fourreaux fixés au châssis A,A, et dont l'extrémité est armée de montants qui s'appuient sur les petits bras de leviers *g* mobiles autour des points *h*, et chargés de poids qui à l'autre bout déterminent la pression. Les coussinets du rouleau E portent sur les bras de leviers I, mobiles autour des points *b*, et pressant par des vis *m*, sur les pièces *n*, qui agissent à leur tour sur les petits bras du levier K, mobile autour du point *o*, et chargé à l'autre bout de poids L, qui détermine la pression.

Indiquons maintenant en quelques mots la manière d'opérer de cette machine. Nous avons déjà dit que le rouleau gravé C, était porté par des coussinets mobiles dans des glissières ménagées dans le châssis AA. Ces coussinets sont formés, comme à l'ordinaire, de deux parties; l'une en laiton porte les tourillons du rouleau C, l'autre en fer, extérieure, mobile dans les glissières, et portant l'auge à couleur *g* et le rouleau fournisseur M; le fond et les parois longitudinales de l'auge *g* sont en cuivre laminé; les côtés en bronze coulé forment en même temps les coussinets du rouleau fournisseur M; une vis *r*, sert à la presser, ainsi que le rouleau M, contre le rouleau C. *s*, est un racloir pour enlever l'excès de couleur, et *t*, un autre racloir pour enlever les filaments de l'étoffe. La position du premier est déterminée par une vis à écrou *u*, qui fixe son extrémité en un point d'une glissière, et sa pression contre le rouleau est réglée par deux petits poids *n'*, suspendus aux extrémités des leviers *x*, liés par des chaînes au levier *y*, qui porte le racloir *s*. La pression du racloir *t*, porté également par un levier, est réglé par la vis V, qui vient buter contre l'autre bras de ce levier.

Les coussinets du rouleau D portent des tiges *b*, *b'*, qui supportent l'auge à couleur *d*, et le rouleau fournis-

Digitized by Google

seur N; sur cette partie est fixé le levier *e*, mobile autour du point *f*, solidaire avec *b'*, et dont l'autre extrémité *f'*, est portée par la vis *g*, qui permet de presser plus ou moins le rouleau N sur le rouleau D. *h'* et *i'*, sont les deux racloirs, l'un pour la couleur, l'autre pour les filaments, fixés au moyen des vis *k'* et *l'*; la pression du premier est déterminée au moyen du poids *m'*, placé sur le levier *n'*, qui est lié par la tringle *o'*, avec le levier fixé au racloir : la pression du second, est réglé au moyen d'un poids suspendu au levier *p'*, qui est lié par la tringle *g'*, avec le levier fixé au racloir.

La disposition de l'auge et du rouleau à couleur O du rouleau E, est absolument la même que pour le rouleau D, à cela près que la pression du second racloir *s* est réglée par la vis *t'*.

Le rouleau F n'a pas de rouleau à couleur correspondant; le racloir inférieur *y'*, porte un appendice *d*, qui forme l'auge à couleur, et est pressé contre le rouleau par l'action du poids *a''*, suspendu au levier *b''*; la pression du racloir supérieur *x'* est réglée par une vis *c''*.

e' e'' est l'étoffe sans fin qui s'enroule sur le rouleau de pression B, et qui forme l'enveloppe élastique sur laquelle viennent s'appuyer les rouleaux C,D,E,F. Cette étoffe, primitivement enroulée sur le cylindre R, porté par les bras Q, passe sur le rouleau B; sur l'une des extrémités du rouleau R se trouve une poulie sur la gorge de laquelle passe une courroie sans fin fortement tendue, qui fait naître une certaine résistance et maintient l'étoffe à un degré de tension convenable.

spire, les unes dans un sens, les autres dans l'autre, comme l'indique la fig. 1252.

Machine, dite Perrotine, propre à imprimer trois couleurs à la fois (publiée dans le tome XLVIII, des *Brevets expirés*).

La machine due à M. Perrot, que nous allons décrire, a pour objet de remplacer le travail manuel de l'application de la planche par le mouvement mécanique de celle-ci.

La figure 1261 est une élévation latérale du côté de la manivelle.

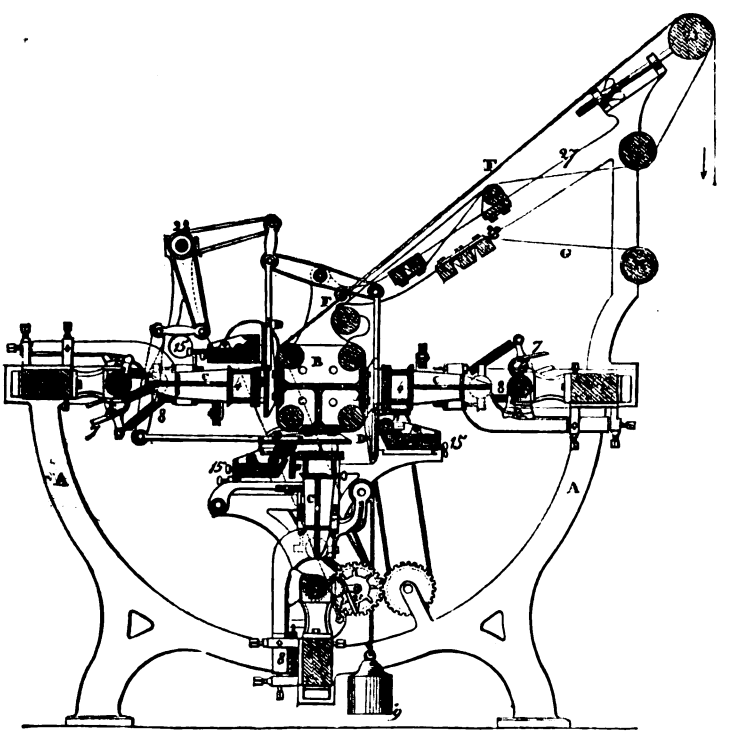
La fig. 1260 représente la section verticale de la machine.

1° Le bâti en fonte A sur lequel sont attachées les pièces fixes.

2° La table en fonte B (fig. 1260), qui a trois faces bien dressées 1, 1, 1, sur lesquelles s'opère l'impression; elle porte à ses quatre angles des rouleaux 2,2,2,2, garnis de pointes d'aiguilles rayonnantes à leur surface et saillantes de 4 à 5 millim., afin d'empêcher le glissement des toiles qui passent dessus.

3° Les chariots C, C', C'', portant les planches gravées 3, 3, 3, qui sont en bois; elles pourraient être en cuivre ou autre métal. Ces planches sont vissées sur des plateaux 4, 4, 4, montés à coulisse sur les chariots; la manipulation pour les changements de planches est alors très facile.

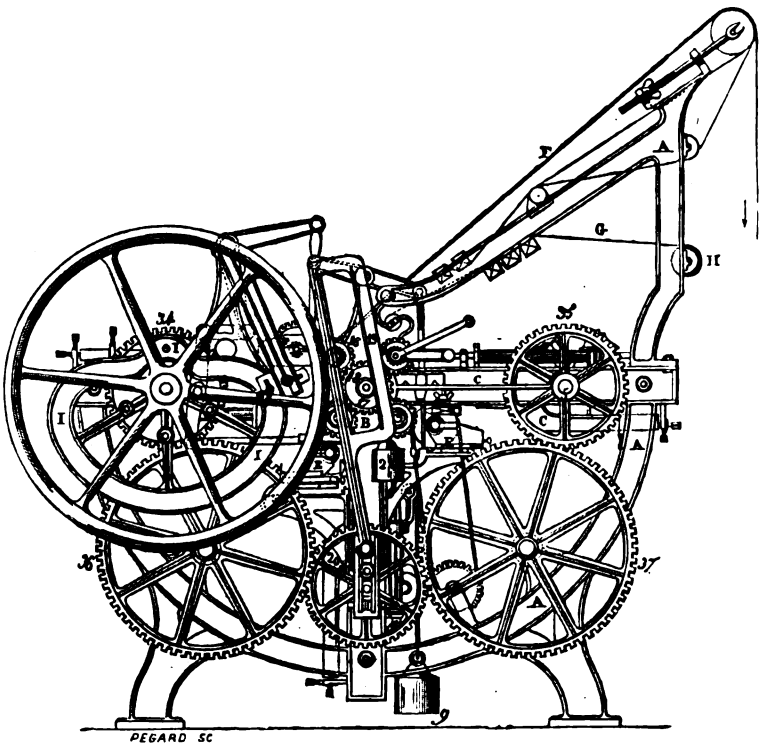
Les chariots glissent dans des coulisses; le mouvement leur est imprimé par des arbres à manivelle 5, 5, 5, dont les supports reposent sur le bâti; les manivelles 6, 6, 6, jouent dans des fourches 7, 7, 7, articulées par une vis à crapaudine avec les chariots. La queue de ces chariots glissant entre des vis de réglage, on



1260.

On s'oppose à ce que l'étoffe se plisse en s'enroulant sur le rouleau R, en la faisant d'abord glisser sur une ou plusieurs barres en bois S, portant des rainures en

Digitized by Google



1261.

peut lui donner la direction convenable pour que les planches gravées se présentent bien parallelement aux tables. Des ressorts 8, 8, liés au chariot, en opèrent le mouvement rétrograde toutes les fois que les arbres 5, 5, ne les poussent pas en avant. Quant au chariot inférieur C'', il prend son mouvement rétrograde naturellement par son propre poids, qu'il faut d'ailleurs équilibrer au moyen du contrepoids 9.

4° Les châssis à couleur D, D' D'', sont articulés avec des leviers qui reçoivent du moteur général le mouvement qui convient à leur fonction. Ces châssis, qui sont mobiles dans des coulisses placées sur les côtés de la table B, prennent la couleur sur les rouleaux 10, 10, des distributeurs en glissant tangentiellement à ces rouleaux ; la couleur est étendue bien uniformément par les brosses fixes 11, 11. C'est de cette manière que les planches viennent prendre leur couleur sur les châssis dont le fond bien plat est garni de drap.

5° Les distributeurs mécaniques E, E', E'', composés chacun d'une auge en bois remplie de couleur, d'une paire de rouleaux en cuivre 10, 10, et d'autres rouleaux 12, 12, qui se chargent de matière colorante dans l'auge et en donnent aux rouleaux 10, 10, couverts de drap. C'est en passant sur ces rouleaux que les châssis, dont le fond est une étoffe de laine, se chargent d'une quantité convenable de couleur qui est étendue par les brosses 11, 11. On donne plus ou moins de couleur suivant qu'on fait plonger plus ou moins les rouleaux 12, 12, dans la boîte, ce qui se fait aisément, puisque les coussinets qui portent ces rouleaux sont fixés à l'extrémité d'un levier mobile autour de son point d'appui ; les boîtes E sont fixes, et on règle leur position au moyen des vis à caler 15.

6° Le régulateur ou appareil de division destiné à délivrer convenablement la toile qu'on veut imprimer. Le mouvement de cette toile n'est pas continu, car il y a nécessairement arrêt chaque fois que la toile doit avancer exactement de la largeur de la planche gravée, largeur qui varie avec les dessins.

Dans ce but, les axes des rouleaux 2, 2, 2, fixés à la table B, sortent de cette table ; ils portent quatre roues 16 (fig. 1261), ayant chacune le même nombre de dents et recevant leur mouvement d'une roue centrale 17 montée sur un prisonnier fixé sur le bâti ; cette roue est placée derrière une autre roue 18 qui reçoit un mouvement alternatif d'une crémaillère droite fixée dans une pièce 19, qui monte et descend alternativement, parce qu'elle est attachée à un des rayons de la roue 20, ce qui forme manivelle. En variant la course de cette pièce, c'est-à-dire la position du point d'attache, on obtiendra le passage de plus ou moins de dents de la roue 18, ce qui fera varier la marche de la toile.

Un encliquetage à rochet 21, à chaque tour (figure 1261), regle la marche chaque fois, et pour qu'il n'y ait point de recul, un frein composé d'une poulie montée sur l'axe de la roue 18, et d'un fil de laiton qui fait un tour et demi à deux tours dessus, puis est tendu par le poids 22, offre une résistance suffisante pour empêcher tout recul.

7° La toile sans fin, le doublier et les pièces propres à les recevoir.

La toile sans fin F, ordinairement en drap, embrasse un rouleau 23, garni de pointes d'aiguilles rayonnantes à la surface, afin d'empêcher le glissement des diverses toiles qui passent dessus ; cette toile vient, en descendant, passer sur un rouleau 24, garni de drap, qui l'étend parfaitement et ne lui laisse aucun pli ; de là elle vient s'appuyer sur un rouleau 25, puis embrasse la table B, en s'appuyant sur les quatre rouleaux 2, 2, 2, 2,

Digitized by Google

aussi garnis de pointes d'aiguilles ; de là elle remonte vers le rouleau 23, d'où elle était descendue. Pour entretenir toujours la même tension de la toile sans fin, le rouleau 23 est mobile perpendiculairement à son axe au moyen des deux vis de réglage 26.

Le doublier 27 est aussi une toile sans fin en gros drap ou forte étoffe de laine; il passe à travers les barres fixes 28, 28, qui l'étendent, puis s'appuyant sur le rouleau 25, il s'y réunit à la toile sans fin F, chemine avec elle sur les rouleaux 2, 2, puis remonte avec elle vers le rouleau 23.

L'étoffe à imprimer G est enroulée sur une ensouple H, et passe entre les barres qu'elle rencontre, ce qui fait disparaître tous les plis ; alors elle arrive sur le rouleau 25, s'y réunit au doublier 27 et à la toile sans fin F ; puis chemine avec eux, embrassant ainsi les trois faces de la table B, remonte aussi avec eux jusqu'au rouleau 23, d'où elle est reçue dans un étendage ou dans des paniers.

Le mouvement est imprimé à la machine par un homme appliqué à une manivelle fixée à l'arbre 5. Cette manivelle met en mouvement directement le chariot C", puis elle communique le même mouvement aux deux autres chariots, au moyen des roues 34, 35, et des roues intermédiaires 36 et 37. Quant au mouvement du châssis, il résulte de celui de l'excentrique I placé également sur un arbre moteur 5. Cet excentrique met en mouvement l'arbre 38, lequel, au moyen de bras diversement articulés avec les châssis, les fait avancer tous trois ; enfin le régulateur ou appareil de division se meut par la roue 20, l'excentrique 19 étant placé sur son arbre.

Telles sont les principales pièces de cette machine dont nous allons actuellement décrire les fonctions.

Supposons qu'on vienne de donner un coup de planche, et remarquons que tous trois se donnent au même instant. Aussitôt ce coup de planche donné, trois mouvements ont lieu à la fois, l'étoffe s'avance d'une largeur de planche et avec elle la toile sans fin et le doublier.

Les châssis D viennent prendre la place qu'on voit dans la fig 1260, et se mettent en mouvement, c'est-à-dire que le châssis D descend, celui D" s'élève, et celui D' s'avance de gauche à droite.

Pendant ce trajet, les chariots C, C', C", reculent, parce qu'ils cessent d'être pressés par les manivelles 6 (les arbres 5 continuent leur mouvement uniforme), et que d'ailleurs ils sont attirés par les ressorts 8, 8 ; ils s'arrêtent alors dans la position décrite, en s'appuyant sur des butoirs. Pendant le mouvement des châssis D, ils pressent légèrement sur les rouleaux distributeurs 10, 10, et y prennent de la couleur qui est étalée uniformément par les brosses 11, de telle sorte que les châssis s'arrêtant vis-à-vis des planches 3, 3, celles-ci n'ont plus qu'à y venir prendre la couleur dont elles ont besoin pour le coup de planche suivant.

C'est alors que les chariots C, C', reviennent en avant, mais cette fois ils ne sont plus poussés par les manivelles ; ils le sont par les touches 13, 13, qui leur sont diamétralement opposées, mais fixées comme elles sur les arbres 5, 5 ; ils s'avancent alors, et les planches 3, 3, pressent sur les châssis, puis ils reculent un peu; mais la touche 13 étant double, ils avancent de nouveau, et pressent encore une fois sur les châssis, bien entendu qu'entre ces deux contacts le châssis a légèrement changé de place, afin de présenter d'autres points de contact, ce qui a été opéré par une courbure convenable I' de l'excentrique I.

Lorsque les touches 13, 13, cessent d'agir, les chariots, toujours appelés par les ressorts 8, 8, reculent de nouveau jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par les butoirs, et les châssis se mettent en mouvement ; ils reviennent prendre la position qu'ils occupaient auparavant.

Bientôt après les manivelles se retrouvent en position de pousser en avant les chariots; ceux-ci avancent et l'impression se fait ; puis les arbres 5, 5, continuant de tourner, les chariots reculent encore et l'opération se continue.

Tel est le jeu de cette machine, qui pourvoit elle-même à tous ses besoins, impression, distribution de couleur, mouvement de la toile, par le fait seul d'un moteur quelconque appliqué à la manivelle. (Extrait du *Bulletin de la Société d'Encouragement*, novembre 1839.)

Depuis la publication de son brevet, M. Perrot a ajouté à sa machine quelques dispositions importantes pour éviter le bruit des chariots; il a aussi changé ou modifié quelques organes qui n'ajoutent rien à la perfection et l'économie du travail.

L'inventeur, du reste, a indiqué ses divers perfectionnements dans une note imprimée dans le *Technologiste*, de 1844.

Machine à imprimer avec un cylindre qui présente le dessin en relief.

Cette machine, qui est plus connue en Angleterre sous le nom de *Métier à surface*, et en France sous le nom de *Plombine*, *d'Hemetine*, etc., se compose d'un cylindre ou rouleau en bois dur, sur lequel sont appliqués des clichés métalliques représentant les dessins en relief. Ce cylindre est disposé sur un bâti en bois, comme la machine du rouleau; mais la couleur lui est fournie par le contact immédiat d'un drap sans fin qui passe continuellement dans une auge remplie de la matière colorante.

A vrai dire, le métier à surface n'est autre chose que la machine inventée par Nicholson, en 1790, mais perfectionnée par MM. Parkhinson Duffey, de Dublin, Church, Hémet, et autres (voir les *Essais chimiques* de Parkhinson, traduits en français, 1820; London Journal, 1824, page 57 ; Technologiste, juin 1841, p. 385).

Déjà, en 1780, on imprimait, en France, les toiles et les velours de coton, avec un cylindre de bois sur lequel on enfonçait des fils et des lames de laiton qui formaient le dessin en relief. On trouve, dans l'Art du fabricant de velours, par Roland de la Plâtrière, le dessin et la description d'une machine en ce genre. Mais on ne peut se dissimuler que ces rouleaux, façonnés en métal, sont d'un prix élevé; qu'il en faut un assortiment très dispendieux, qu'ils se détériorent par l'effet de l'humidité et de la pression qui les met promptement hors de service.

Les cylindres composés de clichés métalliques sont sans doute bien préférables, à cause de la rapidité et de l'économie de la main-d'œuvre. Toutefois, leur construction nécessite encore des soins tout particuliers. Ainsi, il faut que les types soient tellement bien ajustés qu'ils ne forment pour ainsi dire qu'un seul morceau ; que le pied ou la queue de tous ces types appuie d'aplomb sur la périphérie du rouleau; que tous les clichés forment entre eux une surface circulaire parfaite, et que leurs reliefs viennent, quand on fait tourner l'axe, toucher parfaitement la même tangente au cercle ; que tous les clichés successifs aient rigoureusement la même forme, le même rayon et la même fixité.

Il faut enfin que les axes du cylindre gravé soient disposés ou montés sur des coussinets très élastiques pour que l'impression soit toujours nette, uniforme, et régulièrement fournie de couleur.

Une dernière condition indispensable est celle qui consiste à fournir uniformement et suffisamment la couleur au cylindre. On y parvient sûrement avec l'emploi d'un drap sans fin, très souple, qui doit envelopper une portion de la circonférence du cylindre gravé.

La composition en fonte des clichés ne présente aucune difficulté. Il suffit de faire un modele en bois, que

Digitized by Google

l'on reproduit autant de fois qu'on en a besoin, par le procédé du clichage en alliage fusible, que nous avons déjà indiqué. On pourrait cependant employer l'alliage ordinaire des clicheurs qui est plus résistant et plus durable.

Quand les clichés sont ainsi fondus, il s'agit de les ployer, et de leur donner la forme d'un segment de cercle qui s'adapte parfaitement sur la périphérie du cylindre destiné à le recevoir.

Plusieurs procédés plus ou moins compliqués et difficiles ont été inventés et employés depuis vingt années pour remplir ce but. Mais le moyen le plus simple et le plus facile est encore celui qui a été employé par Bonvalet, vers l'année 1770, pour ployer les planches de cuivre gravées en relief et leur donner la forme cylindrique (voir l'*Art de préparer et d'imprimer les étoffes de laine*, par Roland de la Plâtrière).

On pose le cliché, un peu amolli par la chaleur, horizontalement sur une pièce de bois creusée en gouttière, de la forme d'une portion du cylindre sur lequel on veut l'appliquer; on descend ensuite une autre pièce de bois appelée *mandrin*, dont la forme en dessous est convexe, et semblable au segment de cercle que l'on veut avoir. Le mandrin est adapté à la vis d'un balancier.

Nous citerons encore Hoffmann, qui a pris le premier en France, en 1792, un brevet d'invention pour un moyen de faire des dessins pour l'impression des toiles au moyen du polytypage. (Voyez tome II, *des Brevets expirés*.)

En 1814, Straubart prit aussi un brevet pour un procédé analogue à celui de Hoffmann. Quoi qu'il en soit, tous ces procédés du clichage, déjà connus et publiés depuis longtemps, n'ont pu empêcher plusieurs personnes, fort honorables du reste, de se donner récemment pour les inventeurs réels de la méthode d'imprimer au cylindre en relief, dont la première idée appartient à Nicholson.

Burton, puis ensuite M. Howton, de Manchester, ont construit des machines, dite *mule-machine*, qui ne sont que la réunion, dans un même système, de cylindres en cuivre gravés en creux et de cylindres en bois gravés en relief.

Au mois de novembre 1835, M. Thomas Greig a pris une patente en Angleterre pour une machine fondée sur le même principe, et destinée à imprimer et gauffrer successivement ou simultanément les étoffes de soie, de coton, le drap, le papier, etc.

La fig. 1262 représente la coupe verticale de cette machine.

La fig. 1263 représente la vue de face.

A, B, C sont trois cylindres en cuivre nécessaires pour imprimer au besoin trois couleurs différentes à la manière ordinaire. L'un ou l'autre de ces cylindres, ou A, ou B, ou C, peut être employé isolément pour gauffrer seulement les étoffes, sans imprimer la couleur. Cependant, il pourrait effectuer tout à la fois le gauffrage et l'impression, en employant des couleurs préparées d'une façon toute particulière, soit avec des résines molles et concrètes, soit avec des baumes, du savon et un peu de cire vierge, etc.

L'étoffe destinée à être imprimée est enroulée sur une bobine qui est placée en D; elle descend, comme l'indique la ligne *a a a a*, en passant au travers de plusieurs tringles d'embarrage, et s'engage sous le gros rouleau de papier E; puis elle monte, glisse sur un rouleau F, et se rend ensuite, pour être séchée, sur des boîtes à vapeur ou dans une chambre chaude.

Les cylindres A, B, C, sont gravés en creux ou en relief, et leurs surfaces respectives sont en contact avec des rouleaux fournisseurs *b*, *b*, *b*, tournant dans les auges *ccc* qui contiennent les couleurs différentes. Toutefois, on emploie un drap sans fin pour fournir la couleur, lorsque la gravure des cylindres est en relief.

Les cylindres ou draps sans fin *b*, *b*, *b*, sont pourvus chacun d'une racle ou *docteur*, qui enlève l'excédant de la couleur, et sert en outre à régler la fourniture.

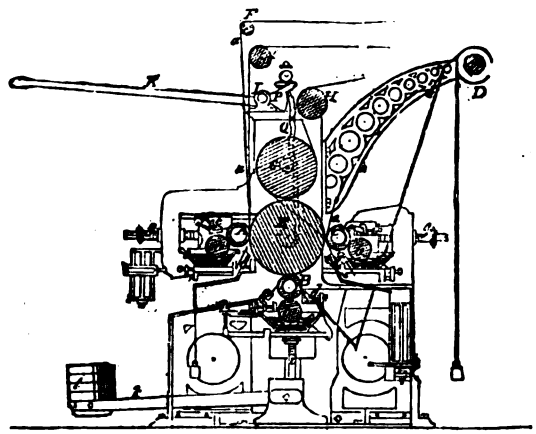
g, *g*, vis de rappel ajustées sur le bâti, et servant à rapprocher les cylindres gravés A, B, C, contre le cylindre de papier E, pour obtenir le degré de pression convenable.

Les tourillons du cylindre B tournent dans des coussinets, qui glissent à volonté dans une rainure pratiquée à la partie inférieure du bâti, et sont soutenus par deux étriers perpendiculaires *i*.

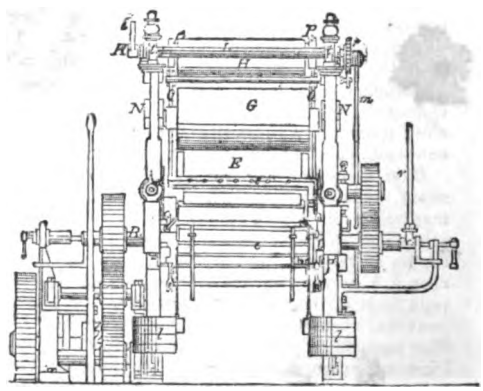
La partie inférieure de ces étriers *i* est liée avec un levier horizontal *k*, auquel sont suspendus des poids très pesants *l*, qui servent à rapprocher le cylindre B contre le cylindre E.

Les auges *c*, *c*, *c*, qui contiennent les couleurs, sont posées sur des planches horizontales, qui glissent dans des rainures pratiquées dans les montants de la machine. Des vis de rappel, que l'on voit sur le côté, sont destinées à mettre les rouleaux fournisseurs *b*, *b*, *b*, en contact avec les cylindres gravés.

On se sert d'un drap sans fin pour conduire la pièce à imprimer, comme dans la machine à imprimer au rouleau; on le recouvre d'un doublier en toile de coton, lorsqu'il s'agit d'imprimer ou de gauffrer des étoffes légères de soie ou de coton; mais, pour gauffrer les



1262.



1263.

Digitized by Google

étoffes de laine, on recouvre le cylindre en papier E de plusieurs *doubles* d'une étoffe ou couverture de laine.

Les cylindres A, B ou C, peuvent être employés simultanément ou séparément pour imprimer et gauffrer les étoffes; mais ils doivent être gravés différemment, suivant la nature de l'étoffe qu'on veut imprimer et le genre d'impression qu'on veut avoir.

Ainsi les cylindres seront gravés en relief pour imprimer ou gauffrer les velours, les toiles écrues et les rubans; ils seront gravés en creux pour imprimer les étoffes de laine, le feutre, etc.

Comme il arrive nécessairement, par suite de l'impression en relief, que la gravure forme une empreinte sur le cylindre de papier E, on la fait disparaître à l'aide d'un gros cylindre en fonte de fer, qui passe dessus, en tournant continuellement pendant l'opération de l'impression.

Pour opérer le gauffrage ordinaire, c'est-à-dire pour avoir des dessins en relief plus parfaits, on emploie le cylindre en papier E, qui agit comme contre-rouleau et qui présente, à cet effet, le dessin en creux. Dans ce cas, on relève le cylindre G, afin qu'il ne presse pas contre le cylindre E.

Il est bien entendu que les diamètres des cylindres A, B, ou C, et du cylindre E, doivent être dans un rapport exact, afin que les délinéations de la gravure et celles de la contre-partie correspondante s'enclavent bien les unes dans les autres.

L'axe du cylindre E tourne dans des coussinets en cuivre qui sont attachés à des chaînes en fer Q, que l'on élève ou abaisse à volonté au moyen d'un levier K, que l'on attire avec la main de haut en bas. Le levier K a son axe de rotation fixé sur une barre de fer horizontale L, qui joint les deux montants du bâti de la presse; il porte à son extrémité un segment de cercle P, qui est enveloppé par la chaîne Q.

A l'autre extrémité de la barre L, est disposée une roue à rochet *r*, avec un cliquet (fig. 1263) pour retenir le cylindre E, lorsqu'il est levé.

Lorsque le rouleau G est nécessaire, on le fait descendre et presser plus ou moins sur le cylindre E, en tournant les vis verticales *t*, *t*, qui sont figurées à la partie supérieure des deux montants de la presse.

Les cylindres A, B, C, sont creux et chauffés pendant l'opération, au moyen de la vapeur; les bassines *c*, *c*, *c*, qui sont à doubles parois, sont chauffées aussi à la vapeur et à un degré convenable, suivant la nature de matière colorante et des étoffes à imprimer. On doit sentir aisément que les couleurs ordinaires, dont nous avons déjà donné la composition, ne peuvent être employées pour produire ce genre d'impression à chaud. En effet, la plupart d'entre elles seraient décomposées par l'action de la chaleur, et le mordant qu'elles contiennent s'évaporant promptement, les matières colorantes ne seraient point fixées sur l'étoffe. Il faut donc employer nécessairement des couleurs spéciales dont la composition ne nous est pas encore bien connue.

Lorsque l'un des cylindres est employé pour gauffrer seulement, on le chauffe à une température très élevée, au moyen d'un tuyau de chaleur qui part d'un fourneau placé à côté.

Si le cylindre A, par exemple, est employé seulement pour gauffrer, on enlève le rouleau fournisseur *b*, ainsi que l'auge à couleur *c*; les rouleaux B et C servent seuls pour imprimer l'étoffe à la manière ordinaire avant le gauffrage.

Le cylindre A est en cuivre fondu et gravé en creux ou en relief, suivant la nature de l'étoffe, et ceux B et C sont en bois et recouverts de clichés métalliques.

Ils peuvent aussi être gravés en creux; et, dans ce cas, le mode d'impression est le même que celui de la machine du rouleau. A cet effet, les cylindres gravés sont munis de racles; l'une *d*, pour enlever l'excédant de la couleur sur le cylindre; et l'autre *e*, pour enlever les filaments qui peuvent s'y attacher. Ces racles, qui sont maintenues contre les rouleaux par des leviers et des écrous, reçoivent un mouvement latéral de va-et-vient, au moyen de la tige verticale *m*, laquelle est ajustée sur un excentrique adapté sur l'axe du rouleau H qui conduit le drap sans fin et le doublier.

Lorsque l'impression est terminée, on arrête la machine en poussant le levier *v*, qui dans son mouvement de bascule désengrène les rouages.

Toutes les machines cylindriques avec dessin en relief, il faut le dire, ne remplacent pas le travail à la main, ni la perrotine, comme on pourrait le croire; elles ont un but spécial et déterminé d'appliquer les couleurs qui présentent quelques difficultés dans l'impression au rouleau; elles servent surtout pour imprimer à bon marché des dessins d'une large facture, avec une ou deux couleurs.

Machine à imprimer et rentrer plusieurs couleurs à la fois, par M. Urbain Troublé.

La machine fort ingénieuse pour laquelle l'inventeur vient de prendre un brevet d'invention de quinze ans, est fondée sur des principes mécaniques très rationnels et qui n'ont pas encore été appliqués dans l'art de l'impression sur étoffes. Nous en avons vu le premier modèle, qui fonctionne dans la fabrique de M. Léon Godefroy, et nous avons été frappé des immenses résultats qu'elle peut produire, à cause de sa rapidité et l'économie de la main-d'œuvre.

Désormais, à l'aide de cette machine d'un petit volume, et dont le prix n'excède pas la somme de quatre à cinq cents francs, toute personne peut imprimer des étoffes qui réunissent tous les effets qu'on obtient, soit par le travail à la main, soit par la perrotine, soit par la machine au rouleau, soit par le métier à surface.

Cette machine l'emporte sur toutes celles connues par le bas prix auquel on peut l'acheter, et surtout par le petit emplacement qu'elle exige pour la faire marcher.

Qu'on se figure une petite machine de 40 centimètres de longueur environ, de 30 centimètres de largeur, et de 25 à 30 centimètres de hauteur, qui participe, de la machine au rouleau à deux couleurs, et du métier à surface le plus perfectionné. On engrène cette machine sur une petite règle dentée qui fait l'office de chemin de fer, et on la promène à la main sur toute la longueur de l'étoffe bien tendue sur une table ordinaire d'imprimeur; on revient ensuite sur le dessin déjà imprimé, suivant le nombre et la nature des couleurs que l'on emploie.

Disons qu'à l'aide de cette machine, aussi simple qu'on peut le désirer, on peut obtenir une grande perfection dans les rentrures, et des effets de couleurs qu'il serait impossible de produire avec le seul rouleau, sans le concours de la planche.

PROCÉDÉS ET APPAREILS DIVERS.

Châssis au canevas pour imprimer le bleu d'indigo à la planche. (Fig. 1264 et 1265). A, baquet en cuivre dans lequel on fixe au moyen des quatre vis *a*, *a*, *a*, *a*, un châssis B, sur lequel on tend un canevas fin et assez serré. Ce baquet communique avec un vase C par un tuyau en cuivre garni d'un robinet D.

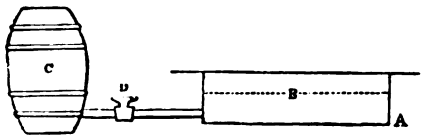
Pour travailler avec cet appareil, on introduit d'abord la couleur dans le vase C qui ferme hermétiquement. On ouvre ensuite le robinet D, afin que la couleur s'écoule dans le baquet, et on le ferme aussitôt qu'elle est parvenue jusqu'au canevas.

La couleur qui doit passer un peu au travers du canevas est étendue avec une racle en bois que le tireur promène dessus, et l'ouvrier imprimeur applique aussitôt la planche gravée.

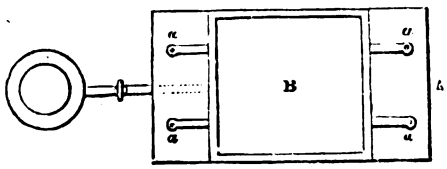
MM. Wood et Wright, en Angleterre, ont modifié la

Digitized by Google

manière de se servir de cet appareil, qui a été inventé, dit-on, par M. de Kurrer, d'Augsbourg, il y a près de 30 ans. Cette manière consiste en ce qu'on n'étend pas la couleur sur le canevas avec une racle; ce qui dispense d'occuper un tireur.



1264.



1265.

Le châssis B est recouvert d'une étoffe à jour telle que de la mousseline, ou de la flanelle très claire qui doit être bien tendue sur un cadre en bois comme dans les châssis ordinaires. Quand l'imprimeur applique sa planche sur cette étoffe, la couleur monte et pénètre au travers des mailles; puis elle se retire et rentre sous le tissu, lorsque l'imprimeur enlève sa planche.

Cette disposition prévient jusqu'à un certain point l'oxygénation de l'indigo; mais on conçoit facilement que le mode de prendre la couleur sur le châssis exige beaucoup de soin et d'habileté de la part de l'ouvrier.

Châssis pour l'impression simultanée de plusieurs couleurs. Une application du principe de l'émission des couleurs sur le châssis, au moyen de la pression du liquide lui-même a été faite en 1836, par MM. Loffet et Mauger de Rouen pour imprimer plusieurs couleurs à la fois (voir tom. 45, page 95, des *Brevets expirés*). Nous allons tâcher de faire comprendre le mécanisme de leur invention.

Le châssis à couleur de MM. Loffet et Mauger est en plomb et divisé en plusieurs compartiments de forme irrégulière; les couleurs qui doivent l'alimenter sont renfermées dans des réservoirs séparés, placés à côté, et mis en communication avec lui par des tuyaux en plomb garnis de robinets. Ces couleurs ne doivent pas dépasser le niveau du châssis garni de mousseline qui est placé dessus; il faut avoir soin que ce niveau reste constant.

Les couleurs, en partant des cases ou réservoirs, se rendent chacune dans les compartiments horizontaux qui sont établis au-dessous du châssis où elles arrivent par des tubes verticaux, correspondant à chaque compartiment de couleur.

Pour empêcher le mélange des diverses couleurs sur la mousseline, on cloue de petites lames de plomb qui suivent exactement les contours des compartiments, et on les mastique au-dessous et au-dessus de la toile.

Le châssis de mousseline est soutenu en l'air par des ressorts à boudin; et il s'abaisse sur la couleur, lorsque l'imprimeur appuie sa planche dessus. Les couleurs par suite de la compression et de la loi de l'impénétrabilité passent au travers des mailles de la mousseline et s'attachent à la planche.

MM. Henri Schlumberger et Auguste Scheurer de Mulhouse, ont écrit qu'on pouvait simplifier cet appareil en supprimant, par exemple, tous les compartiments inférieurs, et les remplaçant simplement par des tubes en caout-chouc qui partiraient des réservoirs de couleurs, et se rendraient ainsi directement dans le châssis à compartiment, ces tubes se courbant et se prêtant à volonté s'adapteraient facilement à tout dessin quelconque (voir *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, tom. XI, page 45.)

Déjà, en 1832, M. Camille Kœchlin avait publié dans le Bulletin n° 28 de la même société, le dessin et la description de deux appareils fondés sur ce principe et plus utiles que les deux dispositions dont il vient d'être question, surtout pour l'impression des rayures et des dessins en zig-zag de différentes couleurs.

L'un de ces appareils, inventé vers l'année 1828, en Angleterre, par M. Alfred Thomas, n'est autre chose qu'une bassine divisée en plusieurs compartiments égaux et parallèles, destinés à recevoir chacune des couleurs différentes qui s'écoulent directement sur l'étoffe à imprimer.

Pour procéder à l'impression à l'aide de cette bassine, on commence par la fixer à demeure au devant d'une machine à imprimer au rouleau, qui sert tout simplement à attirer et sécher les étoffes à fur et à mesure de l'impression, puis on place l'étoffe, enroulée sur une bobine, sous le fond de la bassine, qui est arrondi. On l'engage ensuite entre les rouleaux de la machine à imprimer.

On ouvre les robinets qui sont adaptés à chaque compartiment d'une seconde bassine, afin que chaque couleur distincte s'écoule dans les cases correspondantes de la premiere bassine.

On met aussitôt la machine à imprimer en mouvement; et les couleurs qui s'écoulent sur l'étoffe par des caniveaux percés en ligne droite sur le fond de la bassine, forment des rayures de différentes couleurs qui tombent les unes à côté des autres, sans se confondre ni se mêler.

Les trous d'écoulement, du reste, sont très étroits, rectangulaires et disposés en quinconce, de telle manière que leurs côtés contigus sont situés sur une même ligne droite, et paralleles à la lisière de l'étoffe. La longueur du trou ou rectangle varie en outre, suivant la largeur des rayures que l'on veut produire; mais on peut toujours obtenir avec la même bassine une rayure uniforme d'une largeur double ou triple d'une autre, en remplissant deux ou trois cases contiguës de la même couleur; on peut encore produire des rayures sur des étoffes blanches ou teintes par les procédés ordinaires, en ne mettant pas de couleurs dans certaines cases qui formeront ainsi sur l'étoffe un espace vide et non imprimé.

Ce procédé a été appliqué et perfectionné depuis par M. Léon Godefroy, de Puteaux, pour imprimer des zones fondues ou dégradées sur étoffes de laine; mais il peut servir de même sur toutes espèces d'étoffes.

La fig. 1266 représente la coupe verticale de l'appareil de M. Godefroy adapté à une machine à imprimer au rouleau.

G, bassine divisée dans sa longueur en cinq compartiments égaux et parallèles qui renferment autant de nuances différentes et disposées les unes à côté des autres, de manière à pouvoir former sur l'étoffe des zones parfaitement dégradées.

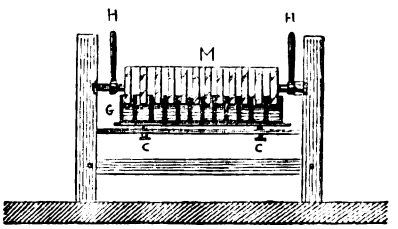
Cinq robinets posés parallèlement sur le fond de la bassine, correspondent chacun à un compartiment de couleur.

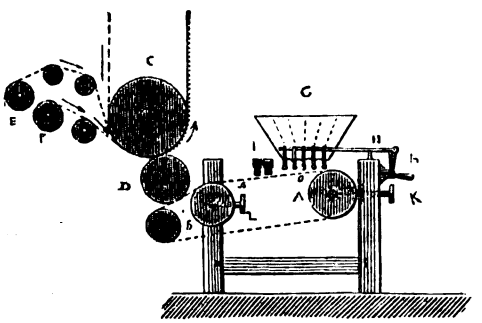
Le boisseau de chaque robinet est percé, dans sa longueur, de plusieurs trous rectangulaires, à des distances égales et déterminées, comme on les trouve dans la bassine de M. Alfred Thomas; c'est à l'aide de ces robinets qu'on règle l'écoulement des couleurs, en raison de l'intensité de la dégradation que l'on veut avoir, et surtout de la fluidité des couleurs d'impression. Pour cela, on tourne plus ou moins chaque boisseau de robinet, dont l'extrémité est accrochée à des leviers perpendiculaires et distincts, que l'on engrène à la distance convenable sur des bielles ou crémaillères horizonta-

Digitized by Google

les N. Ces bielles, qui sont retenues fixement avec les leviers des robinets au moyen de ressorts à boudin, s'assemblent sur une bascule, laquelle sert à faire mouvoir simultanément tous les robinets, lorsqu'on appuie la main sur la poignée ou *manette* H.

1267.





1266.

o, drap sans fin, qui reçoit les couleurs qui s'écoulent par les trous rectangulaires des robinets, et qui les fournit au cylindre gravé D.

I, I, deux brosses en poils de sanglier qui frottent sur le drap sans fin, et qui servent ainsi à étendre et à unir les couleurs; l'une de ces brosses éprouve un mouvement de va-et-vient qui a pour objet de fondre les nuances les unes dans les autres; et l'autre, qui est fixe, sert pour les égaliser.

Pour opérer, l'imprimeur qui est chargé de conduire la machine au rouleau saisit avec la main la poignée H; il l'abaisse lestement une ou plusieurs fois pour ouvrir simultanément tous les robinets, et essayer ainsi si les couleurs s'écoulent bien également et uniformément sur le drap sans fin.

Lorsque l'écoulement des couleurs est bien réglé par l'imprimeur lui-même, on fait marcher la machine à imprimer comme nous l'avons dit page 2054. Pendant l'opération, le tireur appuie de temps en temps sur la manette H pour fournir la couleur au drap sans fin. Cette manière de fournir la couleur au rouleau par intermittence est excellente et rigoureuse pour obtenir une impression nette et uniforme.

La fig. 1267 représente une autre disposition imaginée par le même fabricant, pour faire les zones dégradées à l'aide de la machine au rouleau.

M, cylindre en métal d'imprimerie composé des disques dont la circonférence est divisée en 3 ou 4 segments gravés en hélice. Chaque disque prend une couleur différente dans une bassine distincte, il la transmet au drap sans fin qui la fournit au cylindre gravé.

On dispose ainsi deux cylindres avec leurs bassines qui sont fondues en métal d'imprimerie, parallèlement au premier cylindre qui est en avant du drap sans fin, de manière qu'ils touchent légèrement sa circonférence.

Les deux rangées de bassines sont placées sur une tablette en bois qu'on élève ou abaisse à volonté, au moyen de vis de rappel, afin de faire tremper plus ou moins les disques dans les couleurs.

On règle la pression de ces cylindres contre le drap sans fin, à l'aide des vis de rappel, et on rend la pression intermittente comme pour la bassine ci-dessus décrite, au moyen d'une roue à ellipse qui est liée avec le système de va-et-vient de la racle.

On conçoit que par cette disposition chaque disque peut donner une couleur différente, et que ces couleurs étant reproduites sur l'étoffe, il doit en résulter des zones très variées et régulièrement fondues. Si l'on veut produire des zones plus ou moins larges, on rapproche plus ou moins les disques gravés.

Lorsque l'on veut imprimer des dessins unis entre deux zones fondues, on réserve à la distance convenable un certain nombre de disques qui ne doivent pas fournir de couleur. On imprime le dessin avec un second cylindre gravé, à la manière ordinaire. On imprime aussi par ce moyen des dessins à une, deux ou trois couleurs; avec des zones fondues par dessus et réciproquement.

On fait encore beaucoup de zones ombrées par l'impression à la main, méthode qui a été inventée par M. Spœrlin, de Vienne, vers l'année 1817.

Cette méthode consiste dans la disposition d'une série de petites auges ou bassines en métal fusible ou en cuivre juxtaposées et fixées solidement sur une planche de bois. Chaque auge renferme une nuance de couleur, et ces nuances sont disposées dans l'ordre suivant: couleur claire, couleur intermédiaire; couleur foncée, couleur intermédiaire; couleur claire, couleur intermédiaire... et ainsi de suite, suivant le nombre de zones que l'on veut avoir ou que l'on peut avoir sur la largeur de l'étoffe; mais il faut arranger les couleurs, de manière à ce que les fondus se raccordent bien sur les lisières de l'étoffe imprimée; ainsi, si l'une des lisières est imprimée avec la nuance claire, l'autre devra être imprimée avec la nuance intermédiaire. Pour y parvenir, on espace les auges à la distance convenable.

Pour prendre la couleur on peut employer une brosse partagée en autant de pinceaux séparés qu'il y a de bassines, comme M. Spœrlin; ou mieux, se servir d'une planche de bois, sur laquelle sont cloués, à des distances égales à la largeur de chaque bassine, des fils de laiton. Ces fils de laiton sont recourbés, de manière à former la moitié d'un rectangle de la longueur de la bassine.

Le tireur plonge les fils de laiton d'aplomb dans les auges, en tenant la planche avec les deux mains; et il les transporte aussitôt sur le drap du châssis, sur lequel il laisse des traces de couleurs. Il plonge de nouveau les fils de laiton dans les auges, toujours dans la même place, et les abandonne pendant un instant. Il prend ensuite une brosse de la même largeur que le châssis, et la promène carrément pour étendre et fondre les couleurs.

Procédé de Vérité et Moisset, pour l'impression à une seule couleur seulement, avec des gradations distinctes. —(Voir tome XXXVIII, p. 425, des *Brevets expirés*. On commence d'abord par appliquer, comme cela se pratique ordinairement, au moyen d'une planche plate en bois ou en métal, façonnée suivant les contours du sujet que l'on veut imprimer, une teinte plate et unie du ton de la partie du dessin qui doit être la plus foncée; ensuite on applique sur cette teinte plate, pendant qu'elle est encore humide, une autre planche, également en bois ou en métal, sur laquelle on a fait graver et sculpter toutes les parties du dessin; puis on exerce, par un moyen quelconque, une pression sur cette

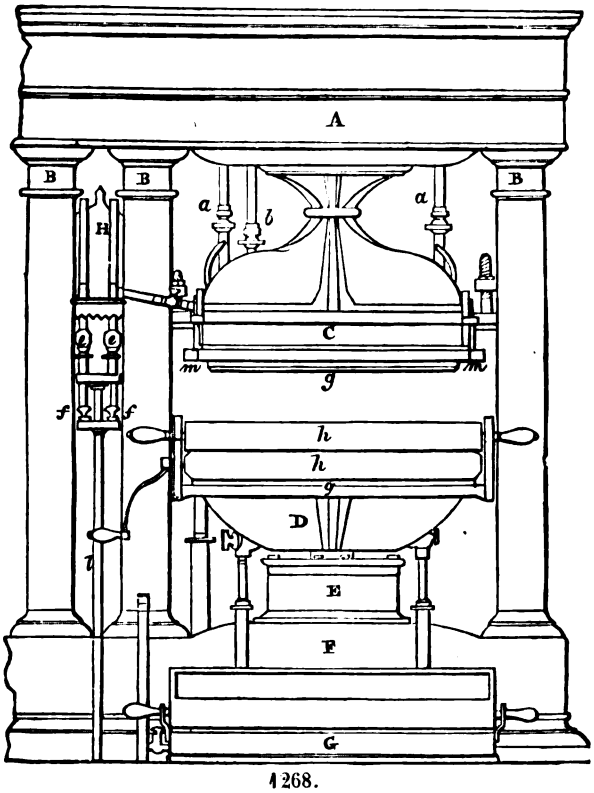
Digitized by Google

planche : il en résulte que les parties les plus saillantes de la planche gravée et sculptée repoussent, par l'effet de la pression, la couleur qui rentre dans le tissu, et qui sort même par l'envers, et comme la couleur pénètre dans l'épaisseur du tissu d'autant plus qu'elle est plus fortement pressée, il s'ensuit que les endroits du dessin sur lesquels la pression de la planche doit s'exercer davantage, perdent de leur teinte du côté de l'endroit de l'étoffe, et que l'envers s'empare et se colore de la couleur repoussée plus ou moins fortement. On conçoit facilement que par suite de cet effet la dégradation des teintes dépendra uniquement de la forme de la gravure et de la sculpture qui seront pratiquées sur la planche gravée et sculptée, et que si l'on veut, par exemple, représenter par l'impression un cylindre vu extérieurement, il suffira de graver et de sculpter sur la planche la forme d'un cylindre creux; et comme il en serait de même de toutes autres figures, il s'ensuit qu'en gravant et en sculptant sur la planche un dessin aussi compliqué et aussi délicat qu'on voudra, l'impression rendra, avec la plus grande exactitude, la contre-partie de ce dessin, dans lequel les dégradations de teintes seront d'autant plus parfaites que la gravure et la sculpture sur la planche seront mieux faites.

Impressions à plusieurs couleurs avec dégradation de teintes par les mêmes. — L'impression à plusieurs couleurs avec dégradations de teintes s'obtient absolument de la même manière que l'impression à une seule couleur; seulement, il faut avoir soin d'appliquer d'abord, à l'aide d'une seule ou de plusieurs planches plates disposées convenablement, autant de teintes unies qu'on veut mettre de couleurs dans le dessin, et dont chacune doit être de la couleur la plus foncée de toutes celles qui doivent exister dans l'impression pour la même couleur. Toutes ces teintes unies étant appliquées chacune à l'endroit du dessin qu'elle doit occuper, on pose la planche sur laquelle le dessin tout entier se trouve gravé et sculpté, et l'on obtient, par l'effet de la pression, une impression qui représente parfaitement le sujet qu'on a voulu représenter, et dans laquelle les teintes plates et les teintes fondues ont pris, dans chacune des couleurs qu'on a employées, le degré de nuance qu'on a voulu leur donner. Il est à remarquer que, dans les impressions à plusieurs couleurs, on pourra, avant d'appliquer la planche gravée et sculptée, poser, avec des planches unies, des teintes plates sur d'autres teintes également plates qui auraient déjà été appliquées, et qu'on aurait laissé sécher; ces secondes teintes plates appliquées, en totalité ou en partie, sur d'autres teintes de différentes couleurs, offriront, lors de la pression sur la planche gravée et sculptée, des teintes transparentes de diverses nuances.

Appareils pour rongeants. La fig. 1268 représente une presse hydraulique (de M. Montheith de Glascow) vue de face, en élévation. A, est le sommet ou l'entablement; B, B, les pilastres ou jumelles; C, le chapeau auquel est attaché la planche supérieure; D, le plateau mobile; E, le cylindre ou corps de pompe; F, le sommier de la presse; G, un réservoir plein d'eau, dans lequel tombe l'étoffe en sortant de la presse; H, récipient contenant la liqueur décolorante.

a, *a*, tuyaux qui conduisent l'eau sur le tissu; *b*, tuyau à air; *c*, robinet qui permet à la liqueur de passer du réservoir H sur le tissu; *d*, *d*, tubes de verre gradués pour indiquer la hauteur de la liqueur dans le récipient; *e*, *e*, robinets de verre pour admettre la liqueur dans le récipient; *f*, *f*, robinets d'introduction de l'eau; *g*, *g*, les planches en plomb découpées suivant les contours du dessin que l'on veut réserver en blanc; *h*, *h*, rouleaux placés en avant de la presse, et entre lesquels l'étoffe est pressée, après avoir été soumise à l'action de la liqueur, pour tomber ensuite dans le réservoir G; *i*, *i*, tuyaux de décharge pour l'eau et la liqueur; K, robinet pour remplir d'eau le réservoir G; *l*, tuyau qui conduit la liqueur dans le réservoir H; *m*, *m*, repères adaptés à chaque angle du plateau supérieur, et dans lesquels s'engagent des broches fixées sur les planches inférieures; *n*, *n*, vis pour régler la parfaite horizontalité des planches de plomb, de manière



1268.

à ce qu'elles correspondent exactement l'une avec l'autre.

On réunit habituellement plusieurs presses semblables pour éviter toute perte de temps; et la machine à vapeur qui les fait mouvoir peut agir successivement sur chacune à l'aide de deux pompes différentes.

La presse est mue par deux pompes, afin d'éviter les pertes de temps et remplir rapidement le corps de la presse; le piston du plus gros cylindre, de 22 centimètres de diamètre, a une course de 70 centimètres; sa tige passe dans une boîte à étoupes, et il est mû par une force équivalente à 5,000 kilogr.; le piston du second cylindre n'a que 2 centimètres 1/2 de diamètre; il est également mû par une force de 5,000 kilogr.; et sa course est aussi de 70 centimètres.

Les pistons étant au bas de leur course, on fait agir, au moyen de la machine à vapeur, de petites pompes foulantes, dont deux servent à élever le grand piston, et deux autres le petit piston. Aussitôt, il s'introduit dans les tuyaux une quantité d'eau assez con-

Digitized by Google

sidérable pour que les pistons arrivent à leur point le plus élevé : alors ils sont disposés pour faire agir la presse hydraulique. La pression hydrostatique se communique par des tuyaux en cuivre d'un petit calibre situés au-dessous du plancher, et d'une épaisseur suffisante pour résister à la pression.

Cette presse est munie de robinets : l'un ouvre la communication entre le grand tuyau et le corps de pompe de la presse; l'autre établit la communication avec le petit tuyau. Le premier permet d'élever le plateau mobile, et de le mettre en contact avec le plateau supérieur; l'objet du second est d'opérer la pression nécessaire; le troisième robinet, dit *de décharge*, est destiné à faire écouler l'eau quand on veut desserrer la presse.

Douze à quatorze pièces d'étoffe, préalablement teintes en rouge d'Andrinople, sont étendues et pliées l'une sur l'autre, aussi également que possible, à l'aide d'une machine appropriée à cet usage. Les pièces sont ensuite enroulées sur un tambour en bois, placé derrière la presse. On place une certaine portion des pièces enroulées sur la planche inférieure, et on fixe des crochets aux deux lisières. On ouvre ensuite le robinet communiquant avec le grand tuyau; l'eau, en pénétrant dans le corps de pompe, élève aussitôt le plateau mobile du dessous, de manière que l'étoffe dont elle est chargée s'applique exactement contre la planche supérieure, puis on ferme ce robinet, et on ouvre le second; le poids de 5,000 kilogr. que porte le petit piston du tuyau, étant multiplié par le rapport de la section du cylindre de la presse et la surface du petit piston donnerait la mesure de la pression énorme avec laquelle l'étoffe est comprimée contre les planches de métal.

L'opération suivante consiste à faire arriver sur l'étoffe la liqueur destinée à enlever la couleur. Cette liqueur, composée de chlore liquide, qu'on obtient en ajoutant à une solution de chlorure de chaux d'une pesanteur spécifique de 1,010 un centième de son poids d'acide sulfurique à 1,846 de densité, est tenue dans un grand récipient placé dans une pièce contiguë, d'où elle est amenée dans de petits réservoirs de plomb H.

A mesure que la liqueur sort du réservoir en plomb, elle passe, en traversant les figures découpées, dans les planches supérieures, sur l'étoffe qu'elle pénètre, et dont elle enlève la couleur rouge; de là elle se rend par les trous de la planche inférieure dans le tuyau de décharge.

Immédiatement après le passage de la liqueur, on laisse arriver sur l'étoffe de l'eau, qui enlève le chlore qui y adhère encore, et empêche en même temps son action corrosive. Si on négligeait cette précaution, il arriverait qu'en desserrant la presse, le contour du dessin serait inégal et que l'étoffe se trouverait altérée. On peut faciliter le passage de la liqueur ainsi que de l'eau à travers l'étoffe, au moyen d'un appareil pneumatique ou d'une machine soufflante, composée d'un grand gazomètre, d'où l'air, soumis à une pression modérée, s'échappe et agit dans la direction des liquides entre les planches et l'étoffe. En tournant le robinet à air, l'ouvrier peut aussi s'assurer de l'égalité de la distribution de la liqueur décolorante sur tous les vides de la planche supérieure. Lorsque les commandes sont nombreuses et pressées, on se sert fréquemment de l'appareil à air, parce qu'il permet à l'ouvrier de doubler son travail.

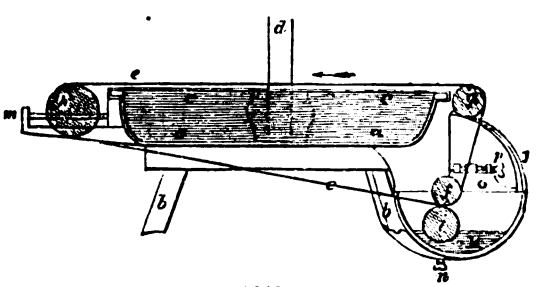
Le temps nécessaire pour opérer l'enlevage dans la première presse, suffit aux ouvriers qui ont aidé à charger pour mettre en jeu d'autres presses. Celui qui est chargé de l'enlevage passe ainsi d'une presse à l'autre, il introduit la liqueur, l'air et l'eau, et il est suivi, à des intervalles réguliers, par les autres ouvriers qui desserrent les presses, disposent sur les planches une nouvelle couche d'étoffe, et opèrent ensuite la pression. Toute l'opération dure 10 minutes seulement, temps pendant lequel 224 mouchoirs (16×14) sont décolorés.

La quantité d'étoffe enroulée sur le tambour est successivement déroulée pour être soumise au même traitement.

En sortant de la presse, elle passe entre deux rouleaux *h h*, placés en avant, et de là elle plonge dans un réservoir d'eau disposé au-dessous; finalement, on la transporte à la blanchisserie, où les blancs réservés acquièrent encore plus d'éclat.

Préparation des planches de plomb.—Les planches de plomb destinées à produire les dessins réservés en blanc sur l'étoffe sont préparées de la manière suivante. On fixe solidement dans un châssis de fonte de fer à jour, de 2 centimètres d'épaisseur, à l'aide de vis et d'écrous, une planche de plomb de 15 millimètres environ d'épaisseur; on soude sur les bords de ce châssis une feuille mince de plomb, qui doit recouvrir toute la surface extérieure, afin que le fer ne soit point en contact ni avec l'étoffe, ni avec la liqueur. On forme ainsi une espèce de bassine de 2 centimètres de profondeur, qui sert à retenir la liqueur. On soude ensuite au fond de cette bassine une seconde feuille mince de plomb. Les feuilles de plomb seront parfaitement planes et unies, ce qu'on obtiendra, en les battant d'abord à coups de marteau sur une table de pierre bien lisse, et en les finissant ensuite avec un rabot. On décalque sur cette feuille de plomb par les méthodes que nous avons déjà indiquées, page 1223, le dessin qu'on veut produire, et on le remet à l'ouvrier chargé de le découper à jour. Celui-ci procède à cette opération avec les petits outils généralement en usage parmi les graveurs sur bois. Il coupe perpendiculairement à travers la feuille même. Les morceaux de plomb, découpés par l'outil tranchant, sont aisément enlevés; et c'est ainsi que se forment les vides qui produisent les figures blanches sur le tissu rouge. On pratique au fond de ces vides et à travers les planches épaisses de plomb, un nombre suffisant de petits trous, à travers lesquels la liqueur décolorante passe sur l'étoffe. Une des planches étant ainsi préparée, on en tire une épreuve qui est décalquée sur l'autre planche, laquelle est découpée de la même manière.

Tireur mécanique à mouvement continu pour l'impression à la main. — M. Hudson de Galle a pris une patente en Angleterre, au mois de décembre 1834, et un brevet d'importation en France, le 6 novembre 1835, pour cet appareil, qui doit remplacer le tireur dans l'impression à la main.



1269.

D'après l'inspection de la fig. 1269, il est facile de comprendre que le tireur de M. Hudson n'est autre chose qu'un drap sans fin tournant sur un baquet rempli de fausse couleur.

a, caisse de fonte de 35 centimètres de largeur sur 50 centimètres de longueur et 10 centimètres de pro-

Digitized by Google

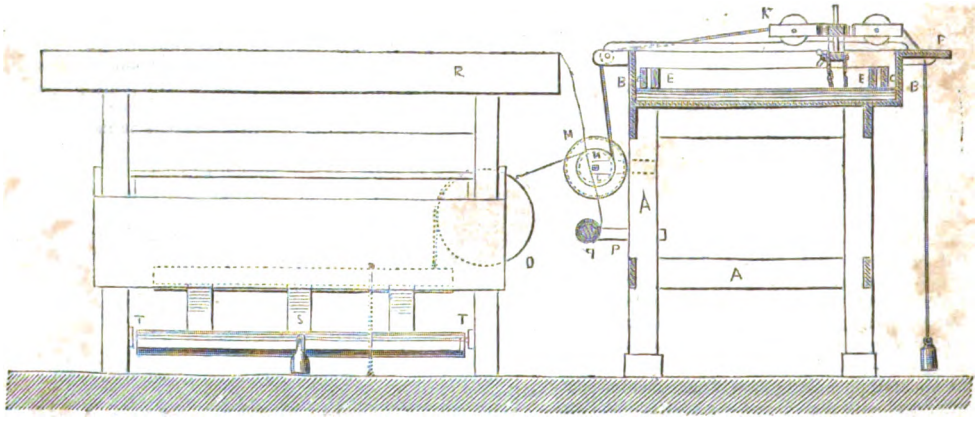
fondeur, renfermant de l'eau gommée dite la fausse couleur ou de l'eau, et recouverte hermétiquement avec de la toile cirée *c*. *d*, tube vertical par lequel on introduit l'eau ou la fausse couleur, qui descend d'un réservoir plus élevé, et exerce ainsi une pression suffisante sur la toile cirée. La caisse *a* est placée sur quatre pieds *b*, d'environ 35 centimètres. *e*, drap sans fin, soutenu et tendu par trois rouleaux, *f*, *g*, *h*. J, réservoir contenant la couleur, et muni d'un petit rouleau fournisseur *i*, en contact avec le drap sans fin *c*. On communique le mouvement au cylindre par une force mécanique, et celui-ci fait tourner le drap sans fin, qui se charge de couleur en passant sur le cylindre fournisseur *i*. Entre le rouleau inférieur *f* et le rouleau supérieur *g*, on voit une racle en acier *o*, que l'on presse plus ou moins contre le drap sans fin *e*, à l'aide de la vis *p*, afin d'enlever la couleur superflue. *m*, vis de rappel pour tendre le drap sans fin. *n*, vis de rappel pour élever le bassin *j*, et mettre le cylindre *i* en contact avec le drap sans fin. On vide au besoin la caisse *a* et le réservoir J, au moyen de robinets qui sont adaptés au fond de chacun d'eux.

Quand l'imprimeur veut prendre de la couleur, il arrête le mouvement du drap sans fin, et il applique sa planche à la manière ordinaire. Quelques praticiens ont écrit que cet appareil ne peut servir ni pour les dessins délicats, ni pour tous les épaississants, parce qu'il fait durcir la couleur en la mettant en trop grand contact avec l'air; qu'il est trop coûteux pour les frais d'établissement et pour la transmission du mouvement. Mais ces critiques ne nous paraissent pas entièrement fondées; n'emploie-t-on pas déjà le drap sans fin dans les machines à imprimer au rouleau; et ne le juge-t-on pas très bon pour fournir la couleur aux cylindres gravés en relief.

Tireur mécanique pour l'impression à la main, par Witz-Kœnig et Dupasquier-Boulet (brevet de dix ans, délivré le 27 juin 1838). — (fig. 1270) A, bâti en bois, composé de quatre montants verticaux réunis par des traverses horizontales A. B, caisse en bois, fixée après le bâti, contenant la fausse couleur. C, cadre en bois, ou châssis recouvert de toile cirée. D, fausse couleur contenue dans la caisse B. E, châssis de drap ordinaire, dans lequel on étend ou *trie* la couleur. F, table en bois sur laquelle on place le pot contenant la couleur destinée à l'imprimeur. H, H, traverse horizontale en bois, qui soutient tout à la fois les racles *a*, *a*, et l'écartement des deux côtés du chariot K. K. Ces traverses sont garnies à leurs extrémités de deux galets *e*, *e*, qui roulent sur deux rails en fer *f*. *a*, *a*, racles en bois fixées sur les traverses H par deux boulons avec écrous à oreilles *b*. Chacune de ces racles est en deux parties. La racle intérieure est recouverte quelquefois d'une bande de drap. Elles sont réunies à la partie supérieure par deux charnières, disposées de telle sorte que, pendant le travail des racles, celle qui se trouve en avant du mouvement cède au frottement sur le matelas, s'incline, et ne sert alors qu'à mieux étendre la couleur, tandis que la seconde reste dans une position verticale.

I, montants verticaux qui soutiennent la traverse ou porte-racle H. Ces deux montants passent dans deux mortaises pratiquées dans la traverse I, et sont maintenues dans une position fixe au moyen des vis de pression *c*. C'est à l'aide des deux montants I, qui glissent à volonté dans les mortaises de la traverse J, que l'on peut régler convenablement la pression des racles sur le châssis. *f*, rails en fer placés de chaque côté de la laisse B dans le sens de sa longueur, sur lesquels roulent les galets *e*, *e*. *g*, contre-poids suspendu par une petite corde à la partie postérieure du chariot. Ce contre-poids est destiné à ramener le chariot en arrière lorsqu'il a été poussé en avant par l'imprimeur.

L, arbre horizontal en fer, soutenu de chaque côté du bâti par deux petits supports ou coussinets, *h*. M, deux poulies à gorge en bois, adaptées à chaque extrémité de l'arbre L. N, autre poulie fixée sur l'arbre L, autour de laquelle s'enroule une corde, dont l'une des extrémités est attachée sur le disque ou tambour O. I, deux pitons, fixés sur chaque poulie M, auxquels sont attachées des cordes qui tirent le chariot, K, K, en avant. F, quatre poulies à gorge en fonte, adaptées à chaque extrémité des deux rails en fer *f*, et sur lesquelles frottent les cordes qui soutiennent le contre-poids *g*, et celles qui sont liées aux poulies M. O, tambour en bois, monté sur l'un des pieds de devant de la table d'imprimeur. P, deux coussinets en bois qui supportent les anses du rouleau Q, sur lequel l'étoffe à imprimer est enroulée. R, dessus de la table à imprimer. S, pédale placée à la partie inférieure de la table à imprimer, dont les pivots tournent dans les deux crapaudines T. Cette pédale est liée au tambour O par une corde, dont l'autre extrémité est attachée sur le périphérie de la poulie N. *p*, contre-poids placé en avant de la pédale S.



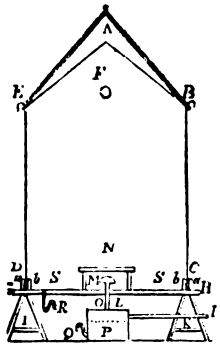
1270.

Appareils servant à fixer les couleurs sur les étoffes. Ces appareils peuvent se réduire à cinq principaux, sa-

Digitized by Google

voir : 1° la guérite; 2° la boîte; 3° la chambre; 4° la cuve; 5° la colonne.

Fixage à la guérite (figure 1271). A B C D, caisse en cuivre, dont la partie supérieure est en forme de toit, pour l'écoulement de l'eau condensée sur les parois. Les côtés B C E D, ont une hauteur de 1m,50 sur 2m de longueur; la largeur E B, est de 1m,25; la distance du point A, à la ligne E B, est de 65 centim. Sur l'un des côtés, en F, est une douille en cuivre que l'on ferme avec un bouchon Il en existe une semblable à la partie opposée. On enlève le toit E A B, au moyen d'un treuil et de quatre cordes fixées aux quatre angles du toit en E et B.



1271.

Cette caisse repose sur un bâti G H I K, et ses quatre côtés sont enclavés dans des rainures *b a*, disposées carrément sur la table G H. Ces rainures sont garnies de drap afin d'empêcher les fuites de la vapeur.

La vapeur arrive au centre de la caisse par le tuyau L, qui est surmonté d'une pomme d'arrosoir M. Au-dessus de cette pomme on place une planche N, supportée par quatre pieds, afin de distribuer plus également la vapeur, et d'empêcher qu'elle ne touche les pièces.

Le tuyau L communique avec une boîte P, qui est muni d'un robinet Q pour donner une issue à l'eau condensée.

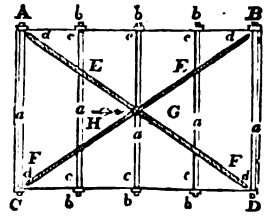
La tablette H, est inclinée vers la partie de gauche à laquelle est adapté un robinet R pour retirer l'eau condensée.

Les pièces que l'on veut fixer sont accrochées et tendues sur un cadre en bois formé de deux châssis rectangulaires maintenus à la distance de 1m,20 par des traverses en bois. Ce cadre a des dimensions convenables pour entrer dans la caisse B C D E. Sur les deux côtés de la largeur sont posées deux rangées de crochets en cuivre écartés les uns des autres de 10 à 15 millim. Ils sont soudés sur une plaque de cuivre qui se fixe avec des vis. On attache les lisières des pièces en zig-zag d'un crochet de gauche au crochet de droite, et ainsi de suite; et, quand le cadre est rempli, on l'enveloppe d'un sac en drap qui a la forme d'un parallélipipède, de manière que les pièces sont totalement renfermées. Ceci terminé, on enlève la guérite A B C D E, au moyen du treuil; on place le cadre sur la table G H, qui porte, à cet effet, des supports S S, de même hauteur que la planchette N; puis on abaisse la guérite, et l'on fait arriver la vapeur pendant 35 à 45 minutes. Pour donner issue à l'air, on ouvre la douille F, que l'on remet lorsque la vapeur s'échappe. On relève ensuite la guérite, on retire le cadre, on détache le sac, puis on décroche les pièces que l'on évente aussitôt.

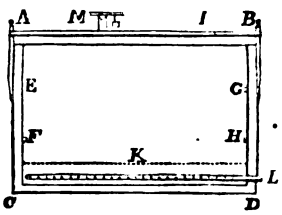
Cette méthode, du reste, d'accrocher les pièces, occasionne souvent des accidents et des taches, et il est bien plus sage d'y renoncer, d'autant plus qu'il existe d'autres moyens plus sûrs et plus expeditifs.

Fixage à la boîte. (Fig. 1272) A B C D, boîte en bois de sapin de 10 centim. d'épaisseur. La longueur est de 2m, la largeur de 1m,50, la hauteur de 1m. Les rebords supérieurs sont garnis de drap.

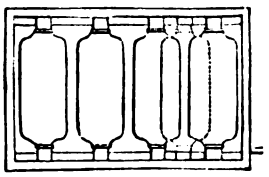
(Fig. 1273) I, couvercle de la boîte en bois de même épaisseur; il est assujetti par cinq traverses en fer *a a*, fixées avec des vis *c c*, et dont les extrémités sont engagées dans des mortaises en *b b*, à demeure sur la boîte A B C D.



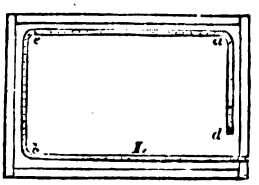
1272.



1273.



1274.



1275.

M, soupape de sûreté adaptée sur le couvercle I; *d d*, 4 anneaux en fer auxquels sont attachées solidement des cordes F F, qui se réunissent au centre G; c'est à ce point de centre qu'on attache une corde qui passe sur une mouffle et qui sert à enlever le couvercle.

(Fig. 1273) K, contre-fond en toile monté sur un cadre en fer placé à 25 centimètres au-dessus du fond de la boîte. Entre celui-ci et le fond de la boîte C D, est le tube de vapeur L, (fig. 1275) qui fait le tour de la boîte, comme l'indiquent les lettres *b e a d* (figure 1275). Le tuyau L, dont l'extrémité *e* est fermée, est percé de trous dans toute sa longueur sur la paroi supérieure et sur le côté tourné vers le centre.

La fig. 1274 représente l'arrangement des bobines sur lesquelles on a enroulé les pièces destinées à être fixées. Ces bobines reposent sur deux tasseaux parallèles. La bobine ponctuée fait partie d'une rangée inférieure. Celles au trait sont les bobines de la rangée supérieure C'est ainsi, du reste, qu'on doit toujours les placer dans la cuve, c'est à-dire qu'une bobine doit être placée entre deux.

Enroulement des étoffes sur les bobines. On entoure d'abord les bobines de plusieurs doubles d'une étoffe de coton ou de laine assez lâche; puis l'on enroule les étoffes à l'aide d'une machine à enrouler (fig. 1251). On entoure les étoffes de plusieurs tours de doublier, et on attache légèrement les deux lisières avec des ficelles.

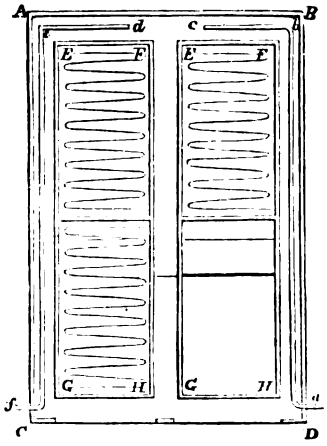
Manière d'opérer. On dispose les bobines dans la cuve à la distance convenable, afin qu'elles ne se touchent pas; on les couvre d'une couverture de laine pliée en double, on ferme le couvercle, et on fait entrer la vapeur pendant 45 minutes au moins; on arrête la vapeur, on enlève le couvercle et on déroule les pièces promptement pour les éventer.

Fixage à la chambre. (Fig. 1276) Coupe horizontale. A B C D, chambre de 3m de hauteur sur 4m de longueur et 3m de largeur. La vapeur y entre par deux tuyaux *a b c*, *d e f*, dont les deux extrémités *f* et *c* sont fermées. Ces tuyaux sont percés de petits trous dans toute leur longueur.

E F G H, deux cadres mobiles qui glissent sur des roulettes; les traverses E G, F H, sont garnies de crochets pour attacher les pièces en zig-zag, comme nous l'avons vu plus haut; lorsque les pièces sont ainsi

Digitized by Google

disposées (fig. 1276), on les recouvre avec des couvertures de laine pour les garantir de l'eau qui pourrait se condenser.

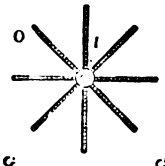


1276.

La durée du fixage est de 3/4 d'heure à 1 heure.

Fixage à la cuve ou au tonneau. Ce mode de fixage, pratiqué pour la première fois par M. de Kurrer, est le plus simple et préférable à tous pour opérer avec sûreté, célérité et économie.

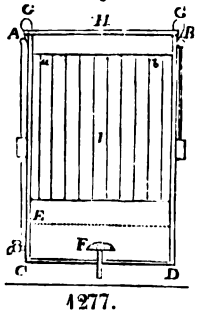
1278.



(Fig. 1277) ABCD, cuve ou tonneau cylindrique. Le fond est percé d'un trou qui donne passage au tube F qui amène la vapeur. Ce tuyau est surmonté d'une pomme d'arrosoir ou champignon, percé circulairement d'une infinité de petits trous qui distribuent la vapeur plus également.

E, contre-fond en toile assez serrée, placé à 10 à 12 centimètres au-dessus du fond de la cuve. Il est destiné à arrêter l'eau qui pourrait être lancée par le tube F, et en même temps à isoler du corps de l'appareil celle condensée au fond du tonneau.

H, couvercle en bois dont le dessous est recouvert d'un drap ou d'une couverture de laine pour fermer plus exactement. Il est assujetti et pressé avec des crochets en S, auxquels on suspend des poids au moyen de cordes.



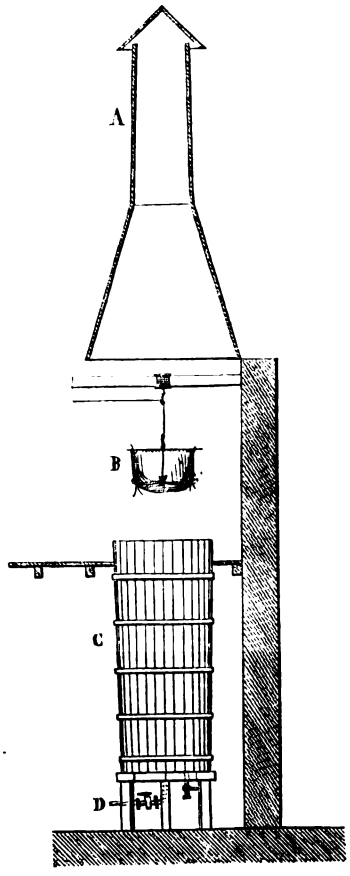
1277.

A 0m,10 ou 0m,12 au-dessous des bords de la cuve est un cercle ou liteau *a b*, sur lequel repose le cadre.

(Fig. 1278) I, cadre en fer auquel on suspend circulairement les pièces. Sa construction ressemble assez à celle d'une roue de voiture; mais la figure ci-dessus ne porte pas, par erreur du dessinateur, le cercle qui lie tous les rayons. Chaque rayon est garni de crochets en fer étamé et recouverts de drap pour éviter les taches d'oxyde. C'est sur ces crochets qu'on accroche circulairement la lisière d'un doublier en toile; et on applique tout simplement les pièces dessus, sans accrocher; ainsi les pièces sont maintenues seulement par le contact du doublier.

Le cadre est suspendu par son centre à une corde qui passe sur une moufle et qui sert à introduire le cadre I dans la cuve, et à le retirer après le temps nécessaire au fixage.

La figure 1279 représente la disposition d'une cuve à fixer à doubles parois, établie dans la fabrique de M. Godefroy, à Puteaux. Il est facile, par l'inspection de cette figure, de s'expliquer la construction de cet appareil et la manière de procéder.



1279.

On voit, au-dessus de la cuve à fixer, une hotte en bois A, qui s'élève jusqu'au dessus du toit de la fabrique; elle a pour objet de donner une prompte issue à la vapeur, afin qu'elle ne remplisse pas la pièce où l'on travaille.

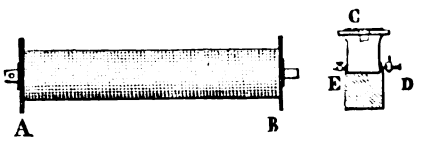
Au fond de la cuve, dont l'intérieur, du reste, est disposé comme celui de l'appareil précédent, sont adaptés deux robinets; l'un D, sert à donner l'entrée à la vapeur, et l'autre à donner issue à l'air et à l'eau condensée.

Pour éviter que l'eau condensée ne mouille les pièces, on les enveloppe avec plusieurs tours de doublier, et on place au-dessous une espèce de filet en toile B, dont les coins sont attachés avec des ficelles sur le cercle en fer qui forme la périphérie du cadre. Ce filet soutient toute la masse des pièces roulées sur le cadre, et l'empêche de tomber au fond de la cuve et d'être mouillée.

Si l'on veut fixer des châles, on les attache sur le doublier avec des épingles qu'on pique sur leurs lisières; et s'ils sont trop larges, on les double en mettant l'endroit en dessus et les franges en haut.

Digitized by Google

Fixage à la colonne. La colonne (fig. 1280) est formée d'un cylindre en cuivre rouge AB de 15 à 20 centimètres de diamètre, et d'une longueur variable suivant la largeur des étoffes ; cependant pour éviter un assortiment trop considérable de cylindres, on les construit sur une seule longueur de 1m,25, entre les deux disques en fer battu et étamé.



1280.

Le cylindre est percé dans toute sa longueur de trous de 3 à 4 millimètres de diamètre, disposés circulairement et espacés les uns des autres de 10 à 15 millimètres.

Ce cylindre porte deux axes ou tourillons, dont l'un est plein et fermé, et l'autre est creux, et tourné en forme de cône.

On enroule les pièces sur ce cylindre, comme nous l'avons déjà dit, en traitant du fixage à la boîte.

On se sert, pour cette opération, d'une machine à peu près semblable à celle que nous avons décrite plus haut, excepté qu'au lieu de faire frotter la colonne contre un cylindre qui lui donne le mouvement, on engage l'axe conique dans une douille liée à un arbre moteur mis en mouvement par le moteur de la fabrique.

On enroule une vingtaine de tours d'un doublier, et on serre fortement les deux lisières avec plusieurs tours d'un autre doublier, plié de manière à former une espèce de corde. Cette disposition est indispensable pour empêcher les fuites de la vapeur.

On arrête enfin sur l'axe du cylindre au moyen d'une broche en fer, qui le traverse ainsi que la douille conique.

Les disques qui sont soudés à chaque extrémité servent à soutenir les pièces et à les empêcher de tomber.

Pour opérer le fixage, on place la colonne perpendiculaire sur la boîte ECD, de manière que l'axe conique entre à frottement dans la douille conique indiquée par des lignes ponctuées. L'axe supérieur est maintenu à l'aide d'une bride en fer. La boîte ECD porte, à sa partie inférieure, un bassin destiné à recevoir l'eau condensée pendant le fixage, et que l'on fait évacuer au moyen du robinet à droite E. L'autre robinet de gauche D sert à amener la vapeur produite par le générateur qui est placé au-dessous. Cette disposition, du moins, est convenable pour obtenir la vapeur dans toute sa force élastique.

FABRICATION DE LA TOILE PEINTE GARANCÉE (1).

Le but de cette branche de l'art de l'impression est d'unir la matière colorante de la gravure aux mordants préalablement fixés sur le tissu. Elle se divise donc en deux parties distinctes : la combinaison des mordants avec l'étoffe, le gommage proprement dit, suivi du blanchiment et de l'avivage des couleurs.

Combinaison des mordants avec l'étoffe. Les causes qui la régissent sont physiques ou chimiques. Parmi les

(1) Nous empruntons ce qui suit à un curieux travail présenté à la Société d'Encouragement par M. Sass, qui nous paraît ce qui a été publié de plus satisfaisant jusqu'à ce jour sur cette fabrication et la résumer parfaitement. Nous renverrons à ce mémoire publié dans le Bulletin de ladite Société (août 1815), pour le détail de quelques expériences.

premières, l'impression présente des défauts provenant de l'étoffe, de la gravure, de la couleur et de la pression exercée pendant qu'on imprime. Plus le grain de l'étoffe est régulier et fin, plus l'impression est parfaite ; si cependant le grain en est trop serré, comme dans les percales, le mordant ne pouvant plus traverser, reste à la surface du tissu, s'y écaille et ne donne plus, à la teinture, que des nuances ternes et inégales.

Quant à la gravure et à la pression, ce que nous allons dire du rouleau s'applique aussi à la planche.

Si la gravure du rouleau n'est pas également profonde partout, on obtient des nuances inégales. La cause de ce défaut a été mise à profit pour obtenir deux nuances différentes avec un seul rouleau et une seule couleur ; il suffit, par exemple, pour produire avec le même rouleau du rouge et du rose, de graver les parties qui doivent donner cette dernière teinte moins profondément que celles qui doivent donner le rouge. Ce genre de dessin, très difficile à graver, ne fournissant dans les teintes éclairées qu'extrêmement peu de couleur, il est presque impossible de les obtenir uniformes et sans taches, ce qui est sensible surtout après l'avivage ; aussi n'est-il guère employé que pour les bleus solides et les couleurs d'application. Le genre de gravure du rouleau a aussi une grande influence sur l'intensité des couleurs. La gravure à l'eau-forte et au trait les donnent toujours plus intenses que celle au pointillé, parce que cette dernière exige beaucoup moins de couleur que les autres.

Il faut prendre aussi en considération la vitesse imprimée au rouleau, qui donne des nuances d'autant plus claires qu'il marche plus rapidement, parce qu'il dépose alors moins de couleur sur le tissu.

Si la pression exercée sur le rouleau est trop forte, quoique la texture de l'étoffe soit convenable, la couleur, passant au travers du tissu, ne s'y fixe pas et ne donne plus à la teinture que de mauvaises nuances ; si, au contraire, la pression est trop faible, le même inconvénient a lieu, mais par une cause opposée, puisque alors la couleur, ne faisant que toucher légèrement l'étoffe, n'y pénètre pas, reste tout entière à sa surface, s'y écaille et tombe. Cette manière d'imprimer est sujette, d'ailleurs, à un autre inconvénient très grave, celui de produire des nuances plus ou moins claires, provenant de ce que l'action du cylindre presseur sur le rouleau gravé n'est jamais parfaitement uniforme, et que ce défaut, qu'on évite avec une forte pression, paraît, au contraire, dans toute sa force lorsqu'elle est trop faible. On conçoit donc de quelle importance il est que la pression exercée par la manivelle sur chaque extrémité du cylindre presseur soit aussi égale que possible, pour obtenir des pièces d'une nuance uniforme. Ce défaut d'impression est facile à constater ; il suffit de comparer les deux lisières de l'étoffe, qui doivent être absolument semblables ; si l'une est plus foncée que l'autre, c'est que la pression est inégale.

Les inconvénients provenant de la couleur dépendent de son épaississement et de la nature du mordant. Si la couleur est trop épaisse, elle n'entre pas dans les tailles de la gravure ; si elle est trop étendue, elle coule et déforme le dessin : il faut trouver entre ces deux extrêmes un terme moyen qu'une longue expérience peut seule faire connaître, et qui varie non seulement avec chaque genre d'étoffes qui exigent une couleur d'autant plus étendue que leur grain est plus serré, mais aussi avec chaque genre de dessin et presque avec chaque dessin, car plus le dessin est chargé, plus la couleur doit être étendue. C'est au point que les dessins dits à fonds ne réussissent bien qu'au moyen des couleurs à la gomme ; celles à l'amidon ne peuvent pas, sans se décomposer, être étendues au-delà d'un certain degré, insuffisant encore pour le but qu'on veut atteindre. Les couleurs

Digitized by Google

épaissies à la gomme ont le défaut de produire, pendant l'impression, beaucoup d'écume, qui, si on ne l'enlève pas à mesure qu'elle se forme, se fixe sur la toile et n'y produit que des nuances faibles, parce qu'elle ne contient que fort peu de mordant. Les couleurs à l'amidon ne moussent que faiblement, encore est-il facile d'empêcher cet effet en y ajoutant un peu de sulfate de plomb, qui paraît agir en divisant la masse. Les épaississants exercent aussi, chacun en particulier, une action toute spéciale sur les mordants; ainsi une couleur qui, épaissie à l'amidon ou à la farine, est très foncée, l'est bien moins lorsqu'on l'épaissit à la gomme ou à l'amidon grillé; ce troisième corps donne d'ailleurs, à la teinture, des nuances toujours moins vives que l'amidon ou la gomme. La gomme adragante, la dextrine, le salep et le sucre, agissent absolument comme la gomme et produisent des couleurs brillantes.

Les causes physiques des défauts occasionnés par le séchage des pièces, après leur impression, proviennent de l'excès ou du manque de chaleur et de la stagnation de l'air. Le séchage des pièces doit être aussi rapide que possible, afin d'empêcher les couleurs de s'étendre sur la toile et de déformer les dessins; aussi les séchoirs sont-ils chauffés ordinairement à 37°,5 C., afin de dessécher les pièces sur-le-champ. Il faut se garder cependant de dépasser ce degré reconnu par la pratique comme le meilleur pour les mordants, surtout ceux d'alumine; car on s'exposerait à voir les couleurs s'écailler et se détacher de l'étoffe, ce qui arrive surtout à celles préparées à la gomme. On chauffe moins fortement les séchoirs lorsqu'on imprime au roulcau des mordants de fer très forts, tels que des noirs, ou bien des couleurs à la vapeur et surtout des couleurs d'application, qui sont d'autant plus belles qu'elles ont séché plus lentement.

L'air doit être renouvelé aussi souvent que possible dans les étuves, afin d'entraîner les vapeurs d'eau et d'acide qui se dégagent des pièces imprimées; les premières pouvant déformer le dessin en l'humectant, les secondes en transformant le mordant en acétate acide qui, ne se combinant plus au tissu, produit des taches blanches. Les mêmes observations s'appliquent aux étendages dans lesquels on suspend les pièces quelques jours après l'impression, avant le bousage, afin de combiner le mordant avec l'étoffe; à cela près que la température n'en doit pas dépasser 12 ou 18°, et que l'air doit y être assez humide pour qu'en froissant les pièces elles se laissent chiffonner sans bruit; il ne faut cependant pas qu'elles soient moites, parce que le mordant coulerait. Un certain degré d'humidité indiqué par l'expérience, et qu'on peut apprécier au moyen d'un hygromètre, est indispensable à l'union des mordants avec l'étoffe, surtout lorsqu'ils sont à base de fer, d'étain, de fer et alumine, ou d'étain et alumine.

L'action des étendages, sur les pièces, est toute chimique, quoique produite par des forces physiques; en effet, l'air humide pénètre la couche de couleur en la ramollissant et enlève mécaniquement l'acide acétique du mordant, dont il laisse l'alumine avec laquelle il était combiné chimiquement, mais non point encore unie au tissu, puisqu'elle ne s'y combine que par un dégommage convenable, sans lequel on n'obtient que des teintes faibles et ternes.

Au dégommage s'arrêtent les causes purement physiques qui influent sur la combinaison du mordant avec l'étoffe. Il paraît que le dégommage agit d'une façon différente, suivant qu'on y soumet les pièces immédiatement au sortir de l'impression ou après un séjour de quarante-huit à soixante heures dans les étendages.

Elle est chimique et mécanique; dans le premier cas, chimique parce que, si on n'ajoute pas, au bain de bouse, de la craie ou une autre base carbonatée en quantité suffisante pour saturer tout l'acide du mordant, il se détache de la toile et se dissout dans le bain; mécanique, parce qu'elle favorise la combinaison de l'alumine pure, ou à l'état de sous-sulfate avec la surface des fils du tissu. Cette assertion est confirmée par le fait que le centre de tout fil teint reste parfaitement blanc, la matière colorante s'arrêtant toujours à sa superficie.

Dans le second cas, tout l'acide acétique étant séparé du mordant, on emploie la bouse seule, dont l'action n'est probablement que mécanique.

L'action mécanique du bousage ne se borne point à l'union de l'alumine avec le tissu en la rendant insoluble; mais elle s'étend aussi à l'enlèvement d'une partie de mordant non combiné avec l'étoffe, et dont les particules détachées de l'impression pourraient tacher les parties blanches, ainsi qu'à la dissolution de l'épaississement, qui en retient une forte proportion. Voilà pourquoi le dégommage s'effectue également bien avec le son, la bouse, le sel à bouser de M. Kestner, et même l'eau courante : cette dernière, n'agissant que très lentement, surtout en hiver, n'est guère usitée que pour les couleurs claires à la gomme et à l'amidon grillé; elle a, d'ailleurs, l'inconvénient de permettre au mordant qui se détache de l'impression, de tomber sur le blanc de la pièce et de le tacher, pour peu qu'il s'y forme quelque pli.

Si le dégommage n'avait d'autre action que celles que nous venons d'indiquer, il semble que les pièces devraient se teindre parfaitement dans les bains de garance avant que d'y avoir été soumises, puisque, contenant à peu près les mêmes principes que la bouse, ils réunissent toutes les conditions nécessaires pour enlever l'épaississement, l'excès du mordant, et permettre à celui qui reste sur la toile de s'y fixer d'une manière stable; mais il n'en est rien : les pièces qu'on garance, sans les avoir préalablement dégommées, ne donnent jamais de bons résultats; on n'obtient que des couleurs faibles, des dessins déformés et tachés. On explique facilement cette circonstance contraire en apparence à la théorie que j'ai déduite des faits en comparant l'action du bain de bouse avec celle du bain de garance; comme c'est à froid que l'on entre les pièces en teinture, après avoir délayé la poudre de garance et avant que le mucilage ait pu se répandre dans le bain, il arrive que les couleurs épaissies, se détrempant sans se dissoudre, se détachent par le mouvement imprimé à la pièce en entraînant presque tout le mordant qu'elles contenaient, tandis que par le bousage le mordant le cède, en presque totalité, à l'étoffe, lorsque le bain est assez chaud pour enlever rapidement la matière épaississante qui s'y dissout; de plus, tout le mordant en excès qui, dans le bousage, est rendu insoluble et entraîné par les mucilages animaux et végétaux, ne rencontrant pas celui de la garance en dissolution qui l'entraînerait aussi, retombe sur le tissu, s'y unit et le tache.

Examinons les procédés de dégommage les plus usités. Celui à la bouse s'effectue d'ordinaire, entre 40 et 80°C., dans une cuve de bois de 2 mètres de long sur 1m,30 de large et autant de profondeur, bien remplie d'eau, dans laquelle on délaie, pour quarante pièces de 50 mètres de long sur 3/4 de large, à peu près 60 litres de bouse, ce qui revient à 1 litre 1/2 de bouse par pièce; on les y passe pendant un quart d'heure et on les sort pour les rincer et les battre aux roues à laver : elles sont alors prêtes à teindre ou bien à passer une seconde fois en bouse, afin d'être plus sûr de la réussite. Il n'y a aucun inconvénient à employer plus de 60 litres de bouse pour quarante pièces; mais il ne faudra pas en mettre moins, parce qu'alors le mordant, qui abandonne l'étoffe, ne trouvant pas le mucus nécessaire pour l'envelopper et le précipiter, reste en suspension dans le bain, se dépose sur les pièces qui y passent, et les tache.

Digitized by Google

La température à laquelle on dégomme est assez indifférente, pourvu qu'elle ne descende pas au-dessous de 38°.; car alors son action n'aurait lieu que très lentement, et cela au point que, de 0 à 15°, elle n'existe pour ainsi dire plus; le mordant coulant déjà sur la toile avant que l'épaississement soit ramolli.

Lorsqu'on ajoute de la craie à la bouse, c'est à la dose de 1/2 kil. par pièce.

La durée du passage des pièces dans la cuve à dégommer est, en général, d'un quart d'heure; il doit être d'autant plus prolongé que le bain est moins chaud.

Dans les cuves à roulettes, on ne passe les pièces que pendant deux minutes, l'action du bain étant si uniforme sur toute la pièce, que l'effet en est pour ainsi dire instantané.

Les mêmes observations s'appliquent aux dégommages au son et au sel à bouser qu'on effectue pour quarante pièces; le premier avec 15 kil. de son, et le second avec 250 grammes de sel, en ayant soin de faire bouillir le premier pour répandre dans le bain son mucilage et de dissoudre le second. Quant au dégommage à l'eau froide, qui est le plus simple, il consiste à plonger les pièces dans l'eau courante, en les tenant bien étendues, à les y laisser jusqu'à ce que tout l'épaississement soit enlevé, à les laver alors soigneusement et à les battre aux roues avant que de les teindre; mais, ce procédé, quoique plus économique, est aussi le plus chanceux; le moindre pli de l'étoffe formant une tache, parce que l'excès de mordant, ne pouvant être entraîné par l'eau, se dépose sur la toile, et s'y attache.

Le dégommage à la craie seule n'est guère usité que pour les mordants de fer; il est sujet à nuancer ceux d'alumine, probablement parce qu'il se combine en petite quantité avec elle; ce qui le ferait croire c'est que les roses dégommés en craie seule ont toujours une teinte vineuse peu agréable.

Plus la masse de mordant imprimé sur le tissu est considérable, moins son union est intime, plus, par conséquent, il s'en détache facilement, ce dont on a fréquemment la preuve dans les bousages faits trop rapidement; il arrive alors que les dessins, à deux nuances superposées de la même couleur, perdent la plus intense, qui devient alors terne et plus claire que l'autre; c'est pour éviter ce défaut qu'on dégomme deux et même trois fois de suite les pièces portant des dessins chargés de plusieurs couleurs superposées.

Au sortir de la cuve à bouser les pièces sont lavées à l'eau courante, battues un quart d'heure aux roues à laver, enfin lavées de nouveau à l'eau courante. On peut alors les teindre.

Garançage. — Il y a sept points principaux à étudier dans le garançage ; savoir : 1° la nature de l'eau dans laquelle on doit teindre; 2° la quantité d'eau à employer pour une masse donnée de garance; 3° le degré le plus favorable pour mettre les pièces en teinture; 4° la durée de la teinture; 5° l'effet de l'abaissement de la température du bain ; 6° la quantité de garance nécessaire à la saturation d'une proportion connue de mordant; 7° le degré auquel il faut amener le bain de teinture pour utiliser la matière colorante.

1° La nature de l'eau à employer pour les teintures doit être scrupuleusement étudiée, puisqu'elle peut devenir la cause de la réussite ou de la non réussite de certaines couleurs. Ainsi, par exemple, les eaux parfaitement pures, que ne trouble aucun réactif, sont les plus favorables pour toute espèce de garancés, sauf les violets, sous le rapport de la vivacité des couleurs.

Les eaux calcaires, au contraire, ne donnent jamais d'aussi beaux rouges et roses que les précédentes; ces couleurs sont toujours plus ou moins ternes et violacées ; mais, elles fournissent des violets infiniment plus nerveux et plus bleus que les eaux pures. Il y a deux espèces d'eaux calcaires, savoir, celles qui tiennent en dissolution du sulfate de chaux, et les eaux chargées de carbonate de chaux : les premières ne peuvent être utilisées, parce qu'elles ternissent toutes les nuances et troublent et précipitent les bains de savon qui, seuls, donnent aux couleurs garancées la vivacité de ton qu'on exige; les autres, quelque chargées qu'elles soient de carbonate, peuvent toujours être employées.

Quant aux eaux chargées de sels métalliques, il faut les rejeter absolument : telles sont en particulier les eaux ferrugineuses, qui décomposent les bains de savon, violacent tous les mordants d'alumine et salissent le blanc des pièces.

Les eaux sulfureuses doivent être nuisibles aux mordants de fer et les tacher, tandis qu'elles sont probablement sans action sur ceux d'alumine, lorsqu'ils ne renferment pas de sels métalliques en dissolution.

On a essayé l'action qu'exercent quelques substances ajoutées à la garance dans le bain de teinture; l'effet produit est en général fâcheux pour toutes; cependant deux paraissent avoir été reconnues utiles dans certains cas, la craie et la gomme.

2° La proportion d'eau la plus avantageuse à employer, pour une quantité donnée de garance, ne peut être déterminée qu'approximativement ; l'expérience apprend qu'on en emploie 60 litres par kilogramme de garance ordinaire. Nous n'avons pas trouvé d'inconvénient à augmenter ou diminuer la dose de garance, relativement à cette quantité d'eau, jusqu'à certaines limites au-delà desquelles la matière colorante ne s'unit plus au tissu, parce qu'elle est entraînée par l'excès d'eau ou retenue par le mucilage de la garance, qui l'empêche de se dissoudre.

3° Le degré de chaleur convenable pour mettre les pièces en teinture est fort contesté par les praticiens ; les uns soutiennent qu'il faut le porter à 40 ou 50° C., tandis que les autres, qui forment la majorité, prétendent qu'il vaut mieux teindre à froid : tous s'accordent à ne jamais le faire à 0° ni au bouillon.

Il résulte de nos essais qu'il vaut mieux entrer en teinture au-dessus de 40° C. qu'au-dessous, fait corroboré par la pratique, qui apprend qu'on fait une grande économie de garance en portant la chaleur à 50° C. ; ensuite que le degré le plus avantageux pour entrer en teinture est 88° C.; il est fâcheux qu'on ne puisse pas l'employer en grand avec facilité, les ouvriers ne pouvant attacher les pièces bout à bout à une température aussi élevée sans se brûler : d'ailleurs il est probable qu'à ce degré on aurait des pièces nuancées, surtout pour les dessins à fonds, le mouvement de la pièce n'étant pas assez rapide pour que toutes ses parties soient plongées à la fois dans le bain de teinture, dont l'action serait sans doute presque instantanée. Nous verrons plus loin que ce degré (88° C.) est aussi le plus avantageux pour arrêter la teinture ; enfin que l'ébullition, loin de favoriser la combinaison de la matière colorante avec le mordant, semble, au contraire, reprendre une partie de celle qui s'est déjà unie à lui.

4° La durée de la teinture varie selon les couleurs à produire ; elle est, en général, de trois heures en une seule fois, pour les rouges, les violets et les bois ; en deux fois, une heure et demie chacune, pour les roses qu'on entre à 25 ou 40° C., et qu'on monte de 50 à 60° C. On n'a pas cherché à déterminer le temps nécessaire à l'épuisement complet de la garance, au moyen des pièces imprimées, cette question se rattachant à celle de la composition chimique de la garance.

5° L'effet de l'abaissement de la température du bain de teinture a été déterminé par des essais qui nous ont montré qu'au-dessous de l'ébullition, on peut, contre l'opinion généralement admise, abaisser de quelques degrés, sans le moindre inconvénient, la température du bain de teinture ; mais qu'il n'en est point de même à 100°, et qu'un bain de teinture chauffé à ce degré,

Digitized by Google

puis refroidi, ne peut plus servir. Il paraît qu'alors la matière colorante devient insoluble; au moins, l'eau surnageant la garance qui, par le refroidissement, se précipite, est-elle parfaitement limpide; à peine conserve-t-elle une légère teinte ambrée.

6° La quantité de garance à employer, pour saturer un poids donné de mordant d'alumine, ne pourra être déterminée avec exactitude tant qu'on n'aura pas isolé la matière colorante de cette racine, qui varie, selon ses espèces, et même dans chacune d'elles, suivant son âge, son degré de siccité, les sels qu'elle contient et le traitement qu'elle a subi.

7° La pratique nous apprend que 10 à 12 kil. suffisent pour obtenir les rouges les plus foncés pour une pièce de 50 mètres de longueur.

Les mordants d'alumine ne se saturant que très difficilement de matière colorante, si tant est que cette saturation ait lieu, nous sommes portés à croire que la combinaison définie de la matière colorante avec l'alumine n'existe pas, et, qu'arrivée à un certain degré, l'intensité de la couleur n'augmente plus proportionnellement à la quantité de garance employée; elle se fonce alors moins rapidement, ainsi que nous l'a prouvé l'expérience.

Il serait fort utile de rechercher si, dans la teinture des nuances faibles garancées, en se servant d'un mordant plus fort qu'il est nécessaire, on emploierait moins de garance qu'avec un mordant faible, sans altérer la nuance : car, s'il fallait acheter, à ses dépens, une économie de garance qui ne pourra jamais être considérable, on ferait assurément une fort mauvaise spéculation.

Du degré auquel il est le plus avantageux de monter le bain de teinture. — L'expérience a appris que plus on chauffe une teinture après un temps donné, moins il y a de matière colorante perdue, et moins la teinte des mordants rouges est vive; mais les mordants de fer, d'étain, d'alumine et fer et alumine et étain ne souffrent nullement de ce traitement.

Connaissant ces faits, on teint toujours ces derniers au bouillon, et les premiers au plus à 80°; les roses sont teints, presque partout, entre 50 et 70° C.; leur nuance étant d'autant plus vive qu'on a opéré à un degré moins élevé.

C'est déjà à 16° que la matière colorante de la garance s'unit à la toile mordancée d'alumine, et à 88° C. qu'elle se combine avec elle dans la plus forte proportion; c'est donc à ce degré qu'il est le plus avantageux d'entrer les pièces en garance. Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, l'ébullition reprend à l'étoffe une partie de la matière colorante qui s'y était fixée, en sorte qu'il ne faut, dans aucun cas, teindre les mordants d'alumine à 100°. On peut, jusqu'à un certain point, remplacer la chaleur du bain en prolongeant la teinture; voilà pourquoi on teint les roses plus longtemps que toute autre couleur.

Blanchiment et avivage. — Au sortir de la teinture, les pièces sont plongées dans l'eau courante et fortement lavées pour les débarrasser de la matière colorante non combinée au mordant et qui, n'étant que superposée à l'étoffe, en salirait le blanc si on l'y laissait séjourner.

Après cette opération, le blanc des pièces est encore rose; on parvient à lui rendre son éclat primitif par deux méthodes, suivant qu'on sacrifie l'économie à la beauté des nuances, ou la beauté des nuances à l'économie. La première méthode caractérise l'industrie alsacienne, la seconde l'industrie rouennaise; il est fâcheux que les exigences de la consommation, qui ne veut plus que du bon marché, forcent actuellement la première à suivre la marche de la seconde.

Nous passons sous silence le blanchiment par exposition sur le pré, généralement abandonné à cause de sa longue durée, bien que ses produits soient parfaits.

Le blanchiment usité en Alsace consiste à savonner les pièces à 60 ou 80°, à les aviver comme nous le verrons plus loin, puis à les faire bouillir en savon une fois. En été, on les expose sur le pré pendant trois ou six jours, suivant que le temps est plus ou moins beau, puis on les rentre et on les savonne de nouveau au bouillon; tandis qu'en hiver, où on ne peut suivre cette méthode à cause des gelées, on les fait bouillir en savon, à plusieurs reprises, après l'avivage, jusqu'à ce que leur blanc soit parfait, ce qui nécessite jusqu'à quatre passages successifs, chacun d'une demi-heure. Ce traitement, très dispendieux, est en usage pour les petits bouquets avec noir et rouge, ou noir, rouge et rose, dits *méfonds*, auxquels il peut seul donner l'éclat bien connu de ceux d'Alsace.

Les roses avivés très fortement et savonnés ensuite sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère, présentent toujours un blanc parfait, ce qui n'est point le cas pour ceux qu'on n'avive que faiblement, et dont le blanc doit, malgré cela, être de la plus haute perfection, afin de ne pas ternir la nuance du dessin qu'on a l'habitude d'imprimer au rouleau, et de teindre ensuite avec différentes matières colorantes qui s'attachent à toutes les places qui n'ont pas été très bien blanchies.

Nous pensons que l'action du savon est entièrement chimique, les alcalis ayant la propriété de dissoudre la matière colorante de la garance en l'altérant, il est vrai, et le savon n'étant autre chose qu'un alcali caustique dont on a modéré l'action, en le combinant avec un corps gras qui retient la matière colorante et l'empêche de se fixer de nouveau sur l'étoffe. On peut se convaincre de ce fait en décomposant un bain de savon bien sale par un acide; à l'instant les acides gras montent à la surface, colorés en orange, tandis que le bain est devenu presque incolore, de rouge qu'il était auparavant.

On peut donc admettre que l'action du savon, quoique essentiellement chimique, est aussi un peu mécanique. Le savon possède encore un autre avantage qui lui est propre, celui de rendre les couleurs plus solides, moins attaquables à l'avivage, et surtout de leur donner un éclat qu'elles n'acquièrent jamais que par son action; il est probable que cet effet est dû à une combinaison triple d'acide gras, de matière colorante et de mordant.

L'exposition sur le pré agit, comme on le sait, en oxydant la matière colorante, en la brûlant par l'intermédiaire de l'eau; cela est si vrai, que, si on laisse les pièces trop longtemps soumises à son action, les couleurs s'affaiblissent, se ternissent et finiraient par disparaître entièrement si on prolongeait l'exposition.

On a cherché à rendre ce traitement plus économique par l'emploi du chlorure de chaux, avant ou après les savonnages; ce qui dispense, en été, du troisième et dernier savon, et, en hiver, de tous ceux qu'on emploie pour ramener le blanc; cette méthode procure, d'ailleurs, une grande économie de temps.

On passe au chlorure aussitôt le garançage, après le premier savon qui suit l'avivage, et avant ou après le troisième qui termine l'opération.

Par la première méthode, les rouges sont fortement ternis, ce qui arrive chaque fois qu'ils sont en contact avec des sels de chaux solubles; le noir devient brungrisâtre; mais on obtient, en échange, un blanc parfait.

Par la seconde, et surtout par la troisième, les couleurs sont sensiblement moins altérées que par la première.

La quatrième est la seule qui, en donnant au fond un beau blanc mat, ternisse assez peu les rouges pour

Digitized by Google

qu'on puisse l'employer avec succès ; on réussit encore mieux en substituant au chlorure de chaux celui de soude : néanmoins les rouges ne sont jamais aussi beaux que ceux produits avec le savon seul.

Le chlorure de chaux ne présente pas le moindre inconvénient pour le blanchiment des violets et des puces ; on l'emploie partout pour cet usage.

L'action des chlorures est oxydante comme celle du pré, mais beaucoup plus active ; c'est pourquoi cette opération doit être confiée à des mains exercées. Ainsi, par exemple, par un passage trop prolongé au chlorure de chaux, les mordants de fer sont enlevés par le chlore, le noir et le violet s'affaibliront ; le puce, qui est composé de mordant de fer et d'alumine, rougit par suite de la dissolution du mordant de fer ; les mordants d'alumine, au contraire, n'étant pas attaqués par le chlore, conservent toute leur intensité, mais ils sont brunis par la chaux, base du sel.

Le blanchiment, pratiqué à Rouen, consiste dans des passages alternatifs, dans des bains de chlorure de chaux et de son ou de son et de savon. Le son agit comme absorbant, et se colore en rouge à mesure que le blanc des pièces reparaît ; dans tous les cas, il n'altère pas la matière colorante rouge.

Nous avons vu qu'après la teinture on passe les pièces au son ou au savon, avant de les soumettre à l'avivage.

Avivage. Cette opération n'est autre que l'action d'acides plus ou moins étendus sur les mordants teints, de manière à changer le rouge-brique de ceux d'alumine en rouge vif, et le noirâtre de ceux de fer en beau violet.

Pour aviver les mordants d'alumine, on se sert, pour les rouges, d'une dissolution d'étain dans l'eau régale ; pour les roses, d'une dissolution d'étain et d'acide nitrique pur, ou enfin d'un composé à poids égaux de dissolution d'étain et d'acide sulfurique ; il n'y a pas de différences sensibles entre les résultats obtenus avec ces divers ingrédients.

On avive les mordants de fer avec de l'acide sulfurique ou avec de la dissolution d'étain ; cette dernière, agissant plus promptement, n'est guère usitée que dans les cas où ces mordants se trouvent combinés dans le dessin avec des mordants d'alumine dont on désire conserver l'éclat.

Pour aviver les mordants d'alumine on plonge rapidement les pièces mouillées dans un bain d'eau froide, à 12°, à laquelle on ajoute de la dissolution d'étain en quantité d'autant plus grande qu'on veut obtenir un effet plus prompt et une nuance plus faible. Quant à la dose de dissolution à employer, il faut tenir soigneusement compte de la température de l'eau et en ajouter d'autant moins qu'elle est plus chaude ; on fait marcher le manége et on laisse tourner les pièces pendant deux ou trois minutes, afin qu'elles répandent la dissolution bien uniformément dans le bain ; alors on introduit peu à peu la vapeur et on chauffe ainsi jusqu'à ce que la couleur soit affaiblie au degré voulu. On se hâte ensuite de fermer le robinet du tuyau de vapeur, de faire entrer de l'eau froide dans le cuveau, de retirer les pièces et de les laver à l'eau courante.

Ces précautions ont pour but d'empêcher les couleurs de se nuancer, ce qui arrive quand l'action du bain d'avivage ne s'exerce pas également sur toute la surface de la pièce ; on s'expose donc à nuancer les pièces quand on chauffe trop ou trop rapidement le bain d'avivage, qu'on emploie une trop forte dose de dissolution, qu'on n'a pas soin de remuer le bain avant d'y plonger les pièces, ou qu'on ne les lave pas immédiatement après l'avivage.

L'action de l'avivage est double, puisqu'elle s'exerce à la fois sur la matière colorante et sur le mordant qui la fixe.

La matière colorante est vivement attaquée par la dissolution d'étain, qu'on peut remplacer par l'acide nitrique seul ou mélangé avec elle ; on conçoit, dès lors, que l'avivage agit en oxydant la matière colorante, ce que prouve la teinte jaune qu'elle prend dans ce cas, à l'exemple de toutes les matières organiques azotées, lorsqu'elles sont attaquées par l'acide nitrique.

On pense généralement que la dissolution d'avivage agit aussi en fixant sur les rouges un peu de l'oxyde d'étain qu'elle tient en dissolution ; c'est une erreur, puisqu'on obtient, avec l'acide nitrique seul et pur, d'aussi belles teintes qu'avec le sel d'étain.

L'action la plus importante de l'avivage est encore inconnue ; il faut savoir si cette opération change la nature de la matière colorante unie au mordant, si elle en enlève l'excès, ou enfin si elle en sépare une substance brune qui la ternit. Nous pensons que cette dernière hypothèse est la plus vraisemblable, puisque des mordants d'alumine qu'on a cherché à saturer seulement par la teinture, sans les surcharger de matière colorante, afin d'échapper à la seconde hypothèse, n'ont jamais fourni que des rouge-brique, bien qu'on ait cherché à atteindre ce but de deux manières, en employant, pour certains essais, une température peu élevée, et, pour d'autres, une faible quantité de garance. Cette teinte brunâtre des rouges, après le garançage, est peut-être produite par le tannin ou l'acide gallique ; ce qui nous le ferait croire, c'est que les mordants d'alumine engallés avant la teinture sont infiniment plus bruns même que ceux qui ont été teints à plusieurs reprises en garance seule.

On avive quelquefois les mordants d'alumine avec un mélange d'alun et de crème de tartre, ce qui semblerait militer en faveur de notre seconde hypothèse, si ces sels ne pouvaient pas agir aussi en enlevant le mordant lui-même ou en déplaçant le tannin et l'acide gallique.

Nous avons en faveur de la première hypothèse, la teinte jaune que prend la matière colorante sous l'influence de l'acide nitrique et qui se convertit en un beau rouge par l'action du savon ; il est fâcheux qu'on ne puisse faire de belles laques de garance, avec de l'alun seul, sans recourir à l'usage de l'acide nitrique. La beauté de ces laques ne provient pas de l'acidité de ce sel auquel on pourrait l'attribuer, puisque l'avivage au moyen de l'acide sulfurique ne donne jamais d'aussi beaux rouges que ceux avec l'acide nitrique.

Il faut que l'avivage opère quelque changement dans l'état moléculaire de la matière colorante, puisqu'elle est alors tellement désagrégée, qu'elle se réapplique sur le blanc de l'étoffe, et y produit des taches qui y adhèrent et ne disparaissent que très difficilement, si on ne les savonne pas de suite.

Il est à remarquer que, lorsque, après avoir avivé et savonné les garancés, on veut les aviver de nouveau pour leur donner une nuance plus claire, on est obligé d'employer de fortes quantités de dissolutions d'avivage ; il paraît que les matières colorantes acquièrent une grande fixité par l'opération de l'avivage. Ce fait ne s'explique que par un changement survenu dans la nature de la matière colorante et analogue, sans doute, à celle de certains sels qui abandonnent les dernières traces de leur acide ou de leur base d'autant plus difficilement qu'ils se trouvent en présence d'une plus forte dose de base ou d'acide.

Ce phénomène pourrait aussi être dû à une combinaison triple de matière colorante, d'alumine et de matière grasse (du savon), qui ne se formerait qu'à la suite de l'avivage : ce qui nous confirme dans cette dernière opinion c'est que les mordants en général, et surtout ceux d'alumine, après avoir été savonnés, ne peuvent plus être reteints, parce qu'ils ne s'approprient plus un atome de matière colorante ; il semble que le mordant soit tout à fait saturé.

Digitized by Google

Quand on avive trop fortement des dessins à deux rouges dont le plus faible recouvre le foncé, il arrive que le premier seul reste et que le second disparaît, parce que les mordants d'alumine ont d'autant moins d'affinité pour la toile qu'ils contiennent plus de base.

Les mordants de fer doivent être avivés avec les mêmes précautions que ceux d'alumine; l'avivage les fait passer au brun-jaunâtre; on les lave à l'eau courante, puis on les plonge dans un bain de chlorure de potasse fortement alcalin, qui les fait virer au beau violet bleu. L'action est instantanée et due à l'excès d'alcali, ainsi que je m'en suis assuré; c'est un point de plus à éclaircir dans l'histoire de la matière colorante de la garance.

Les mordants de fer avivés et lavés, mais non savonnés, passés en garance, s'y teignent parfaitement, si l'action de l'acide n'a point été poussée trop loin; car, dans ce cas, non seulement la matière colorante a été détruite, mais le mordant lui-même a été enlevé; dès lors la matière colorante ne peut plus s'unir à lui.

Ce fait prouve donc que l'avivage agit aussi bien sur le mordant que sur la matière colorante. Les mordants de fer, comme ceux d'alumine, sont d'autant plus facilement attaqués par les acides qu'ils sont plus énergiques. Immédiatement après l'avivage, les pièces, quel que soit leur mordant, sont savonnées, puis apprêtées, cylindrées et ployées pour être livrées à la vente.

FIXAGE A LA VAPEUR.

La science ne fournit pas des renseignements bien positifs sur le fixage à la vapeur des matières colorantes aux étoffes. Des expériences faites par M. Chevreul, il paraît résulter que les phénomènes du fixage se rapprochent de quelques-uns de ceux de la cuisson des aliments. De plus ce savant (nous copions ses paroles) « voit dans le fixage une opération industrielle, dont l'examen scientifique des phénomènes, que présentent des matières d'origine organique en contact avec des matières minérales, devait lier, par là même, les phénomènes que présentent les matières purement organiques, à des phénomènes de modification de propriétés, ou de transformations qu'éprouvent des corps purement minéraux soumis à l'influence de température déterminée. » (Voir SON MÉMOIRE LU A L'INSTITUT, le 26 décembre 1837.)

Voici les seules règles que donne M. Thillaye dans son Traité du fabricant d'Indiennes, page 311.

« 1° Les mousselines et les soies n'exigent pas une température aussi élevée que les étoffes de laine.

« 2° Lorsque les étoffes sont à fond de couleur, comme les châles, on doit éviter de les ployer en deux, pour éviter les nuances qui sont très sensibles dans le fixage à la colonne, où le bout, qui reçoit la première impression de la vapeur, prend toujours une nuance plus claire ou plus foncée que le dernier chef qui termine la bobine.

« 3° La durée du fixage dépend de la quantité d'acide et de dissolution qui entre dans la préparation des couleurs; plus ils augmentent, moins de temps doit durer le temps du fixage.

« 4° Une vapeur sèche est nécessaire dans tous les cas, car lorsqu'elle est humide les couleurs sont susceptibles de couler. »

Mais la condition essentielle, nous dirons même la plus indispensable, est de bien conduire la vapeur, de la pousser avec force, et de la distribuer également et uniformément dans l'appareil.

Les pièces à fixer et les doubliers doivent être très secs et très propres.

L'enroulement des pièces et des doubliers doit être fait bien également et sans plis, qui formeraient des irrégularités dans les nuances.

On doit envelopper les étoffes encadrées ou enroulées, préférablement avec une couverture de laine, d'un tissu très velu, peu serré, qui laisse passer facilement la vapeur, et qui retienne difficilement l'eau de condensation. Les toiles de fil et de coton, au contraire, attirent et retiennent trop facilement la vapeur humide et d'autant plus facilement que les fils sont plus tordus et plus écartés les uns des autres.

L'eau condensée dissout très promptement, et avec facilité, les principes colorants; elle fait, comme on dit dans les ateliers, couler les nuances; il faut donc éviter ces ravages, soit en enveloppant les cadres dans une couverture, soit en introduisant d'abord la vapeur dans les appareils à fixer, pour échauffer les parois, et éviter ainsi une condensation trop prompte.

Il faut nécessairement que la vapeur enveloppe également les pièces encadrées; pour cela, on dispose les pièces dans les appareils, de manière qu'il reste un espace vide au-dessus d'environ 10 à 15 centimètres.

On recouvre aussi le cadre d'une couverture pour garantir les pièces de l'eau qui pourrait tomber du couvercle de l'appareil à fixer.

Enfin, on déroule promptement les pièces qui ont été fixées pour les éventer, et on les expose, pendant 24 heures et avant de les apprêter, dans une chambre bien aérée à une température modérée; on les lave à l'eau courante, et on leur donne enfin les apprêts.

DE L'APPLICATION DES COULEURS.

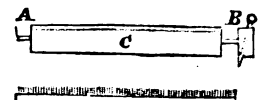
Sur tissus légers, tels que la mousseline, la balsorine, le chalys, on n'applique ordinairement la planche qu'une seule fois, lorsque le dessin est léger et petit; mais, quand le dessin offre des masses, on est obligé de réappliquer une seconde fois. On agit de même pour produire des impressions à fond sur de la mousseline de laine, sur le mérinos, sur le chalys, sur le cachemire. Sur le drap, sur la flanelle, sur le casimir, on réapplique quelquefois les couleurs deux ou trois fois.

Sur le feutre, on réapplique certaines couleurs trois, quatre et cinq fois; mais, pour obtenir sur le feutre ou le drap des dessins bien fournis de couleurs, il est convenable d'imprimer la première fois avec une couleur plus claire, et en appuyant légèrement la planche sur le tissu; puis on frappe le second coup plus fortement; enfin, on imprime la troisième fois avec une couleur plus forte.

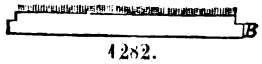
QUELQUES FABRICATIONS SPÉCIALES.

Impression des foulards. — Ancienne pratique. Les tables qui servent à l'impression de foulards sont disposées de manière à recevoir l'étoffe dans toute sa largeur. Vers la partie comprise entre le baquet et la table est placé le rouleau sur lequel est enveloppée la pièce à imprimer A B (fig. 1281); elle porte une rainure dans toute sa longueur. Dans cette rainure entre une baguette, qui sert à maintenir le chef de la pièce. La tête B du rouleau est percée de plusieurs trous, dans lesquels on passe une tige en fer pour l'arrêter d'une manière fixe, comme l'indique B'. A l'autre extrémité de la table, on place un peigne AB (fig. 1282), qui est maintenu dans des tasseaux; les dents du peigne sont au niveau du drap. On dispose la pièce pour l'imprimer de la manière suivante : on la déroule, et l'on amène le chef sur les dents du peigne, dans lesquelles on la fait entrer en frappant légèrement dessus avec une brosse. On tend ensuite la pièce, en serrant le rouleau que l'on fixe avec la pointe, et enfin on imprime. On doit faire attention, pendant le travail, à placer les dents du peigne toujours dans l'entre-deux de deux foulards.

1281.



1282.

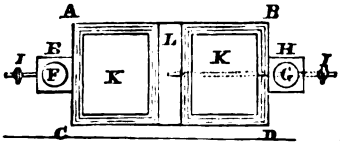


Digitized by Google

On fait sécher les foulards pendant 24 heures, avant le fixage, que l'on exécute pendant le temps que nous avons déterminé. On les lave à l'eau courante, et on les sèche très rapidement. On apprête les foulards des Indes ou façon des Indes, en les enroulant fermement sur un cylindre, lorsqu'ils sont encore un peu humides. Les foulards légers de Nîmes et d'Avignon sont empesés avec une solution légère de colle de poisson ou de gomme adragante ; on les tend par leurs chefs sur deux cylindres parallèles, et l'on promène dessous un fourneau allumé pour sécher rapidement l'encollage que l'on applique avec une brosse de velours de laine.

Impression sur soie par l'emploi de l'acide nitrique. Ce genre de fabrication, que l'on appelle *mandarinage*, tire son nom de celui des étoffes qu'on a livrées au commerce sous le nom de *mandarins ;* il repose sur la propriété que possède l'acide nitrique de colorer en jaune solide les étoffes de soie et de laine. Au reste, comme nous avons décrit, plus haut, la manière de procéder, nous parlerons seulement des appareils.

Appareil servant à la fabrication (fig. 1283). Il

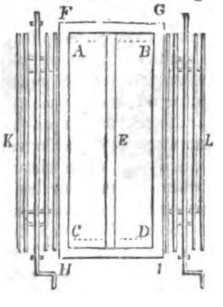


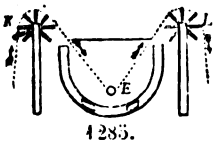
1283.

est formé d'une caisse en cuivre A B C D, dans laquelle peut circuler de la vapeur amenée par le conduit I, et dont l'excès s'échappe par le tube J, ainsi que la vapeur condensée. Le châssis est placé dans la boîte creuse K K. Entre les deux se trouve une plaque de cuivre L fermant la boîte ; elle sert à placer les planches pour les tenir chaudes. En E, H, sont des prolongements de la boîte dans lesquels sont placés à demeure des vases F, G, servant à mettre la réserve.

Appareil servant à mandariner, c'est-à-dire à passer l'étoffe dans le bain d'acide nitrique. (Fig. 1284 et 1285). A B C D, auge en grès qui contient l'acide nitrique ; sur les deux côtés de l'auge sont fixées deux planches, percées d'un trou, à un pouce du fond, pour recevoir le rouleau E sous lequel passe la pièce. En avant et en arrière sont placés deux trinquets K, L ; l'un sert à guider la pièce à son entrée dans l'auge, l'autre sert à la guider à sa sortie. Elle tombe de suite dans l'eau courante, ou à son défaut, dans un grand baquet, qui contient un mélange d'eau et de craie.

1284.





1285.

Impression des étoffes de laine en relief pour ameublement. Nous avons dit précédemment que l'usage des étoffes gauffrées était déjà connu anciennement ; mais les différents tissus sur lesquels on imprimait étaient très légers et d'une seule couleur. L'impression, du reste, s'exécutait alors comme aujourd'hui, soit à l'aide de différentes plaques de métal, soit à l'aide de cylindres de métal gravés en creux ou en relief, pour produire des dessins en relief durables. On fait chauffer la plaque gravée, on l'applique sur l'étoffe mouillée, que l'on presse fortement, au moyen d'une presse à vis verticale. Par l'effet de la compression et de l'humidité, il arrive que le tissu s'allonge et s'enfonce en même temps dans les parties de la planche qui sont gravées. La chaleur saisit l'étoffe, qui prend d'une manière invariable l'empreinte des dessins gravés en creux.

En 1755 environ, Bonvalet imprimait de cette façon les serges d'Aumale, les pannes, les velours de laine, les camelots, les draps, etc.; il imprimait même différentes couleurs qui étaient fixées sur l'étoffe par l'action de la chaleur.

C'est là, sans contredit, l'origine de l'impression et du fixage des couleurs sur laine, par l'effet de l'humidité et de la chaleur réunies : et l'on doit s'étonner que l'action remarquable de la vapeur n'ait été appliquée que depuis vingt années à la fabrication des étoffes imprimées.

Comme les impressions ordinaires sur étoffes, l'impression en relief nécessite une gravure, des couleurs spéciales, et une presse ou *machine à imprimer*.

Nous avons donné précédemment la composition des couleurs, et il ne nous reste plus, pour compléter nos renseignements techniques, qu'à parler des planches gravées, et de la manière de pratiquer l'impression.

Les planches d'impression sont en laiton, plané et dressé au marteau. On les grave plus ou moins profondément, afin d'obtenir des reflets ou effets de lumière les plus agréables possible. Le plus ordinairement, ces planches sont gravées, de toute la largeur de l'étoffe qu'on veut imprimer. On laisse aux deux extrémités, sur la longueur, un espace sans être gravé, de deux millimètres pour empêcher la couleur de baver ou couler ; ainsi on n'entaille jamais la bordure, on ne coupe jamais les petites figures d'un dessin ; il faut que celles-ci rentrent les unes dans les autres, pour qu'on ait un dessin courant ; parce que le raccord ne se fait pas sur la bordure, mais toujours un peu en avant.

Pour l'impression des châles et des tapis de table, on grave une planche, qui, répétée quatre fois en carré, produit un dessin régulier sur l'étoffe.

Les dessins pour tabouret, pour siége et dossier de fauteuil, pour cabas, sont gravés exactement dans leurs dimensions.

En 1840, M. Pourchet, a pris un brevet pour un nouveau système de production de gravure, et de disposition de planche.

Il grave d'abord une fraction de la planche, en la choisissant de manière à ce que les contours puissent se replacer et former l'enchaînement du dessin désiré. Il moule sur cette matrice autant de planches semblables qu'il est nécessaire pour composer une grande planche. Il ajuste avec beaucoup de précision tous les morceaux les uns à côté des autres ; il les soude deux à deux, puis trois à trois, quatre à quatre, etc., suivant que l'exigent le dessin et les couleurs à reproduire.

Ces soudures se pratiquent dans la longueur ou la largeur de la planche suivant la nature du dessin ; ces mêmes soudures peuvent être faites sur toute la longueur du joint ou par parties ; l'on peut aussi recouvrir les joints par de petites bandes métalliques, afin qu'ils disparaissent entièrement lorsque le raccord du dessin est fait.

Mais ce procédé est presque aussi long et presque aussi dispendieux que celui de graver de suite la grande planche.

Impression. La couleur est renfermée dans une gamelle en grès placée sur une table à la portée de l'imprimeur ; celui-ci en prend une ou deux cuillerées sur la planche gravée, et il l'étend dans les creux avec une brosse ; il enlève ensuite l'excédant de la couleur avec une racle qu'il promène dans tous les sens, entraînant la pâte sur la planche pour la garnir entièrement.

Si l'on veut imprimer plusieurs couleurs à la fois, on les met les unes après les autres avec une spatule en bois dans les différents creux ou endroits qu'elles doi-

Digitized by Google

vent occuper; on enlève l'excédant avec la racle en acier.

La planche étant garnie de couleur, on la place sur le plateau de la presse, de l'invention de M. Pourchet (fig. 1286 et 1287).

Mais pour faire bien comprendre les opérations qui suivent, nous commencerons par la description de cette presse :

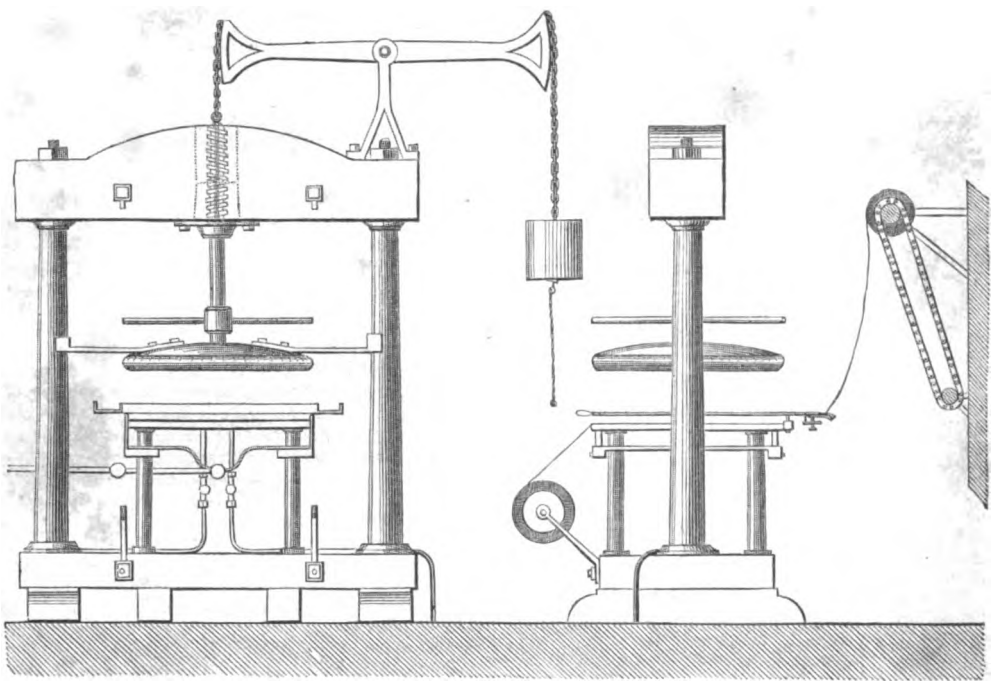
a, *a*, bâti de la presse en fonte de fer.

b, table de fonte en forme de boîte fermée recevant la vapeur dans l'intérieur pour l'échauffer.

opérations doivent se faire avec beaucoup de célérité pour profiter de la chaleur.

On maintient la pression pendant 5 à 6 minutes, pour faire cuire ou adhérer la couleur sur l'étoffe et lui faire prendre le relief de la gravure. Il y a cependant des dessins qui exigent une cuite plus prolongée, eu égard à la profondeur de la gravure et à la quantité de couleur employée.

On peut juger de l'effet de la cuite en soulevant l'étoffe par l'un des côtés et touchant à la plaque



1286. 1287.

c, tuyau pour l'arrivée de la vapeur.

d, tuyau de sortie de la vapeur et de l'eau condensée; ces deux tuyaux *c* et *d* sont munis de robinets.

La partie supérieure de la table ou plateau *b*, de la presse est recouverte d'une feuille de tôle dont la périphérie repose sur un châssis en fer *e e*, et que l'on élève à volonté à l'aide du levier *h*, qui a son point fixe en *g*, et son articulation en *f*.

La plaque de tôle, portée par le châssis *e*, reçoit la planche gravée qui est maintenue et pressée sur ses quatre faces par des vis buttant sur des règles en cuivre.

Cette disposition permet de maintenir la planche éloignée de la chaleur pendant les préparations; on évite ainsi l'évaporation des acides et des différents liquides destinés à fixer la couleur sur l'étoffe. Deux ouvriers placés de chaque côté de la presse tiennent l'étoffe bien tendue et la posent carrément sur la planche. Ils la repèrent avec des épingles qu'ils enfoncent dans des trous ménagés aux coins et au milieu des côtés parallèles de la planche gravée.

Ils posent ensuite sur l'étoffe deux couvertures de laine grossière qui excèdent la planche de part et d'autre sur la longueur; ces couvertures molles et à longs poils pressent la pâte dans la gravure.

On abat le plateau de la presse *l*, jusqu'à ce que la vis s'engage dans son écrou, et on serre fortement en tournant le levier afin d'obtenir la pression nécessaire, pour faire pénétrer l'étoffe dans la gravure. Toutes ces

avec le doigt mouillé, si la dessiccation est subite, et qu'il se fasse un petit bruit que les ouvriers appellent *friser;* on peut supposer que l'impression est cuite; on desserre alors la vis *o*, et on remonte le plateau *l* en tirant la corde suspendue au contre-poids. Si l'on s'aperçoit que la vapeur humide qui s'élève ne s'évapore pas sur-le-champ partout également et qu'en portant la main sur les parties qui fument encore, lorsque les autres cessent de fumer, on sent de l'humidité, on double l'une des deux couvertures sur les endroits les moins cuits; ou l'on remet également les deux, si la cuite de la planche entière n'est pas encore au point convenable, on abat de nouveau le plateau, qu'on relève un instant après.

Il est indispensable de refroidir la planche dans l'eau à chaque opération, autrement l'acide du mordant s'évaporerait, et la couleur ne se fixerait pas.

On change encore les couvertures de laine à chaque coup de planche, et on les fait sécher. Lorsqu'elles ont servi plusieurs fois, elles deviennent empâtées et dures; on les fait alors tremper pendant 24 heures dans l'eau froide, et on les fait bouillir; on les lave ensuite dans l'eau courante, on les bat, on les essore, on les fait sécher, et on les emploie de nouveau.

Les étoffes après l'impression sont dures au toucher; les couleurs en sont mattes et écailleuses, il faut les gratter avec une racle en acier ou une carde, pour rendre à l'étoffe sa douceur naturelle et faire ressortir les couleurs.

Digitized by Google

Observation. La couleur comprimée et cuite fait adhérer fortement l'étoffe au cuivre; on l'en détache par une prompte et forte secousse, et on l'enroule sur un cylindre disposé à cet effet.

On enlève la planche gravée de dessus le plateau *b*, avec des poignées en morceaux d'étoffe grossière qu'on tient dans chaque main; et on la coule aussitôt dans un baquet rempli d'eau froide. Cette eau se colore bientôt; elle s'échauffe, et il faut la rafraîchir; et la renouveler même à tous les changements de couleur.

Pendant la cuite, l'un des deux ouvriers nécessaires pour servir une presse prépare une planche, si l'on en a plusieurs du même dessin; dans le cas contraire, on retire de l'eau la même planche, on l'éponge et on la remplit de couleurs, puis on redonne un second coup de presse, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la pièce. Le plus généralement on emploie une presse hydraulique analogue à celle que nous avons donnée fig. 1268; c'est, du reste, la machine qui donne les meilleurs résultats, sous le rapport de la célérité et de l'économie de la main-d'œuvre. R. DE L.

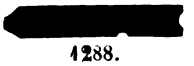
IMPRIMERIE. L'art d'imprimer, ou de représenter les idées par la parole écrite, se pratique aujourd'hui par trois procédés différents : la *typographie*, la *calcographie* et la *lithographie*. Le premier sert plus particulièrement à l'impression des textes; les deux autres rivalisent entre eux pour la représentation des estampes, cartes, plans, etc., ce qui ne les empêche pas d'empiéter souvent sur le domaine de la typographie, qui, à son tour, s'en venge quelquefois avec succès. On trouvera aux articles *calcographie* et *lithographie*, l'analyse de ces deux modes de l'art d'imprimer. Nous n'avons à nous occuper ici que de la *typographie*, proprement dite, ce qui comprend l'impression par le moyen des types en relief, ou mobiles, ou solides.

Il n'entre pas dans notre plan de remonter à l'origine de l'imprimerie, ni de suivre les phases de ses progrès jusqu'à nos jours; assez d'autres l'ont fait de manière à ne plus rien avoir à ajouter à ce sujet. Nous dirons seulement que le principe en était connu de temps immémorial en Chine, que les Romains savaient tirer des empreintes, que les images et les cartes à jouer, inventées vers l'an 1392, représentaient des figures et des caractères, lorsque vint à Jean Genfliesch, dit GUTENBERG, bourgeois de Strasbourg, en 1445, l'idée d'introduire cet art parmi nous. Il est toutefois permis de croire qu'à cette époque, où les connaissances étaient si peu répandues, Gutenberg n'avait aucune notion de ce qui s'était fait avant lui, ses ébauches grossières prouvent suffisamment que cette invention fut un effet spontané de son génie; aussi lui en attribue-t-on généralement toute la gloire. *Fust* et *Schœffer*, ses collaborateurs, apportèrent, il est vrai, quelques perfectionnements aux premiers procédés dont il leur donna connaissance, mais il serait injuste de dépouiller le premier inventeur de son mérite pour en revêtir ses deux compagnons, ainsi que quelques auteurs le prétendent, car, avant qu'il ne leur eût révelé ses secrets, ils n'avaient rien imaginé. De temps à autre, les nombreux successeurs de Gutenberg ont aussi perfectionné son ouvrage, et de nos jours, plus qu'à aucune autre époque, les plus heureuses innovations y ont été ajoutées, mais personne que je sache, sauf un imposteur hollandais, n'a eu l'orgueilleuse prétention de détrôner le prince de la typographie pour en doter chaque homme de génie qui est venu apporter une pierre au monument.

Les articles GRAVURE et FONDERIE ont déjà fait connaître, dans les plus grands détails, comment s'opère la fabrication des caractères au moyen desquels on imprime typographiquement. Cependant, pour éviter d'y recourir et pour l'intelligence de ce qui va suivre, il n'est pas inutile de rappeler ici que le *caractère* ou la *lettre*, est un parallélipipède d'environ 24 millimètres de haut, sur une épaisseur et une largeur qui varient de 1 à 3 millimètres, selon le *corps* et la nature de la lettre.

D'un bout, cette pièce porte en relief l'*œil* de la lettre. C'est cette partie qui imprime. L'autre bout, ou le *pied*, porte une petite échancrure, ou *gouttière*, que le fondeur y fait pour enlever les inégalités produites par la rupture du jet et lui donner de l'aplomb. Le *dessous* de la lettre, cette partie où le pouce se pose quand on la tient pour la lire, est toujours marqué d'une entaille ou *cran* qui en désigne le sens. Le *dessus* est le côté opposé et ne porte aucune marque. Les deux côtés plats de cette tige se nomment la *frotterie*, à cause de l'opération qu'on lui fait subir dans les ateliers de la fonderie.

La matière dont sont formés les caractères d'imprimerie est un alliage de plomb et de régule d'antimoine; dans certains cas on y ajoute de l'étain, du cuivre, etc. Voici la figure d'une lettre.



1288.

La *force de corps* détermine la grosseur du caractère; elle se prend du *dessus* au *dessous* de la lettre, et varie selon que l'œil a besoin d'être ou plus petit ou plus gros. Les dimensions, ainsi que toutes les proportions typographiques, s'évaluent en *points*. Les forces de corps les plus courantes pour les caractères de *labeur*, varient depuis 4 jusqu'à 12 points; celles qui dépassent cette dernière proportion sont pour les caractères d'affiche ou de fantaisie.

Le *point*, qui sert de mesure typographique, est la sixième partie de la ligne du pied-de-roi, ou deux points géométriques, ancienne mesure. Nous sommes encore obligés de nous servir de cette base, par l'impossibilité d'établir un rapport précis entre les anciennes et les nouvelles mesures, et pour reculer, autant que possible, la perturbation que jetterait dans toutes les imprimeries l'adoption du système métrique (1).

Supposant donc maintenant cette connaissance suffisamment acquise au lecteur, il ne nous reste plus qu'à l'instruire des diverses manipulations qu'on fait subir à ces caractères pour parvenir à l'impression des livres, qui est le but de tout ce qui précède. Nous entrerons donc de suite en matière, en partant du moment où le caractère sort des ateliers du fondeur et arrive dans ceux de l'imprimeur.

Les caractères s'expédient d'une ville à une autre, *composés* en paquets, c'est-à-dire assemblés régulièrement les uns contre les autres, en lignes formant des pages, ou paquets, bien ficelés et empaquetés dans de fort papier. Quand ils sont livrés dans la ville même où ils sont fondus, on se contente quelquefois de les mettre dans des cornets. On a peut-être tort, car les caractères ainsi mêlés subissent toujours un premier effet de détérioration.

L'imprimeur, en recevant un caractère, commence par l'examiner attentivement, pour s'assurer s'il est complet, bien fondu, et si chaque lettre est répartie dans les proportions voulues.

Toutes ces conditions se trouvant remplies, on pro-

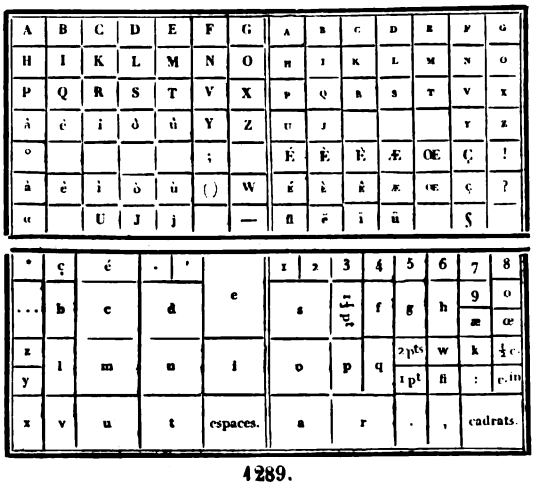
(1) Quelques fondeurs prétendent avoir trouvé un rapport exact entre les nouvelles mesures et les points Fournier. Ils s'abusent et induisent en erreur ceux qui ajoutent foi à leur prétention. Les points Fournier n'ont jamais eu d'autre étalon que *son cicero*, qu'il a divisé en 12 parties, et le cicero Fournier n'a jamais eu au juste les 12 points typographiques qu'on lui attribue aujourd'hui. Mais les eût-il eus, c'est-à-dire 22 points geometriques, jamais cette quantité divisée par 12 ne rencontrera une expression décimale sans fractions, assez precise pour correspondre aux points typographiques actuels, à moins qu'on n'y soumette l'incertitude même du cicero Fournier, ce qui serait une absurdité. Si l'on veut adopter des points typographiques métriques c'est un système entièrement nouveau à établir. Nous avons publié ailleurs un tel système applicable à l'espèce.

Digitized by Google

cède à la *mise en casse*, c'est-à-dire à déposer chaque sorte de lettre dans les divers compartiments dont la casse est composée.

Une *casse* est l'assemblage de deux boîtes, ordinairement en bois, dont l'une, appelée *haut de casse*, contient les lettres *capitales*, ou majuscules, et l'autre, appelé *bas de casse*, contient les lettres courantes ou minuscules. Chaque partie de la casse a environ 95 centimètres de long sur environ 36 centimètres de large. Les petites cloisons qui séparent les compartiments, que l'on nomme *cassetins*, ont environ 33 millimètres de hauteur; les pourtours, ainsi que la traverse du milieu, ont 5 millimètres de plus. La fig. 1289 représente la casse contenant les lettres réparties dans leurs cassetins respectifs.

MODÈLE DE LA CASSE FRANÇAISE.



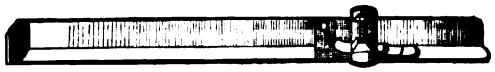
1289.

Il y a certaines localités, Lyon et quelques villes du Midi, où l'on ne suit pas exactement la disposition de cette casse. Ne pouvant donner ici ces variations, qui d'ailleurs sont en petit nombre et diminuent chaque jour pour se ranger au modèle parisien, nous nous sommes borné à représenter la disposition la plus généralement suivie, telle qu'elle est usitée à l'Imprimerie Royale de Paris.

Au premier moment, on se demande pourquoi les cassetins du bas de casse sont inégaux et ne suivent pas l'ordre alphabétique, comme dans le haut; mais bientôt on comprend que ces dimensions doivent varier selon le plus ou moins grand nombre de lettres dont on fait usage dans le discours; de même que le rapprochement de certaines lettres vers le centre a pour but de mettre sous la main du compositeur celles de ces lettres dont l'emploi est le plus fréquent, telles que les voyelles, etc., afin d'économiser les mouvements et le temps de l'ouvrier.

La casse se pose sur un tréteau fait en forme de pupitre.

Un ouvrier *compositeur* se place devant cette casse, pour en lever successivement les lettres qui doivent servir à la composition des mots, ce qui s'appelle *composer*. Cette opération se fait ordinairement avec beaucoup de célérité, d'adresse et de légèreté. A cet effet, le compositeur est muni d'un petit instrument nommé *composteur* (fig. 1290), qu'il tient de la main gauche. Ce composteur est une petite lame de fer, dont le bord est relevé en équerre dans toute sa longueur. D'un bout il est fermé à demeure par un petit pan carré; de l'autre, on introduit une clavette à coulisse qui porte un pan parfaitement parallèle au précédent. On fixe cette clavette par une vis, au point où l'on veut déterminer la longueur des lignes.



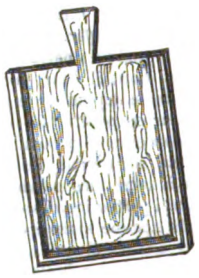
1290.

Le compositeur prend donc chaque lettre, l'une après l'autre, en l'attaquant par la tête, et la place, le cran en dessous, dans son composteur. Tandis qu'il range ainsi la lettre qu'il tient, il vise celle qu'il va prendre ensuite; c'est le moyen d'aller vite et de s'y prendre adroitement. Lorsque le compositeur a ainsi rassemblé toutes les lettres d'un mot, il met une *espace* pour séparer ce mot de celui qui va suivre. Cette espace est une petite lame de métal, mince, semblable à une lettre dont on aurait coupé la tête, et qui, se trouvant plus basse que les lettres, ne produit aucune marque à l'impression et laisse paraître ces petits blancs qui séparent les mots.

Lorsque la ligne est achevée, il importe de la consolider, de la *justifier* parfaitement. A cet effet, on a des espaces de différentes épaisseurs, qu'on assortit de manière à ce qu'en renversant la ligne, elle soit tellement serrée que les lettres ne puissent tomber. Par dessus cette ligne, on met une *interligne*, ou une forte réglette, sur laquelle on compose une nouvelle ligne, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le compositeur soit plein, alors on le survide en enlevant adroitement cette composition et la mettant dans une *galée*, où, quand il y en a assez pour former une page, on la lie fortement par trois tours de ficelle. Alors on manie aisément cette page; mais, pour plus de sécurité, on la met sur un *porte-page*, feuille de papier, et on la tient en réserve jusqu'à ce qu'on en ait réuni un nombre suffisant pour compléter une *feuille*.

L'*interligne* est une petite réglette de matière, que l'on met entre les lignes pour les écarter les unes des autres et les maintenir dans une rectitude parfaite. Il y en a de différentes épaisseurs, depuis 1 jusqu'à 5 points.

La *galée* (fig. 1291) est une petite planchette ayant un rebord en équerre, sur laquelle on dépose les lignes au fur et à mesure qu'on les compose.



1291.

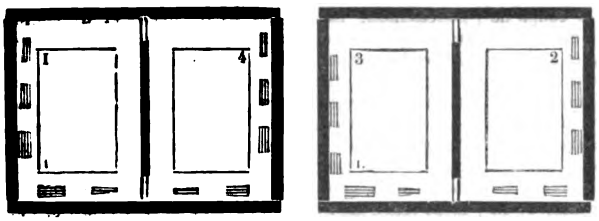
Celles qui doivent contenir de grands formats, ont le fond à coulisse. On tire cette coulisse et la page avec; puis, par un mouvement prompt, on la retire en maintenant la page, qui, de cette manière, se trouve déposée sur un porte-page, ou à nu sur le *marbre*, prête à être *imposée*.

La composition ainsi faite en *paquets*, ne contient que le texte ou la *matière* de l'ouvrage; elle passe ensuite aux mains d'un *metteur en page*. Celui-ci est chargé d'y mettre les folios et les titres, les blancs des chapitres, les notes, etc.; et lorsque de cette manière il a façonné un certain nombre de pages, il se dispose à *imposer*.

Digitized by Google

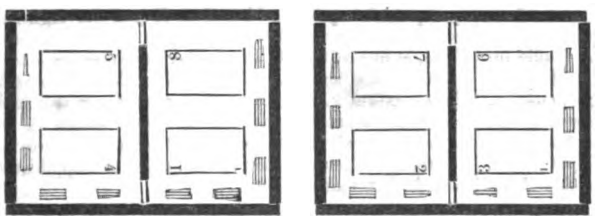
IN-FOLIO.

Côté de première. Côté de seconde.



IN-QUARTO (in-4°).

Côté de première. Côté de seconde.



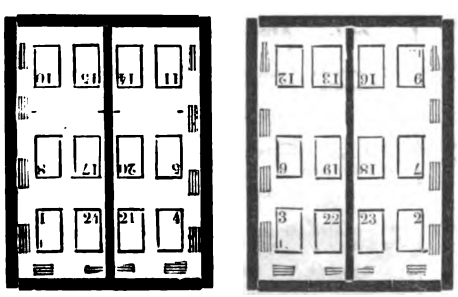
IN-OCTAVO (in-8°).

Côté de première. Côté de seconde.



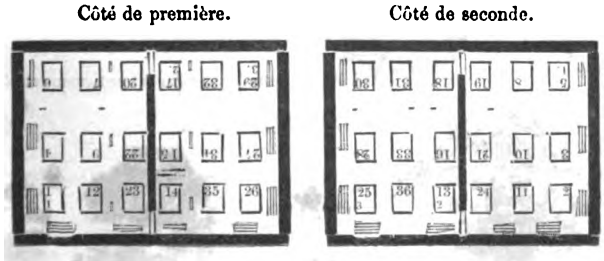
IN-DOUZE (in-12).

Côté de première. Côté de seconde.



IN-DIX-HUIT (in-18).

Côté de première. Côté de seconde.



Pour vérifier s'il ne s'est pas trompé dans la position de ses pages, l'impositeur n'a qu'à faire l'addition des folios de la première et de la dernière page de la feuille, qui sont toujours l'une auprès de l'autre, l'impair à gauche, le pair à droite ; comme dans l'in-8°, le folio de la page 1 et celui de la page 16 font 17 ; de même ceux des autres pages accolées deux à deux dans le même ordre, doivent produire le même nombre : 13 et 4 ; 3 et 14 ; 15 et 2 ; 7 et 10 ; 11 et 6 ; 5 et 12 ; 9 et 8, font toujours également 17. Ce n'est toutefois un moyen de vérification que pour la transposition d'une page ; car si deux pages côte à côte étaient transposées, cela se pourrait encore voir par les folios qui doivent toujours être aux extrémités extérieures loin l'un de l'autre.

Quand les pages sont reconnues bien placées, on enlève les porte-pages ; on met entre chacune d'elles une *garniture*, pièce de plomb à jour, pour déterminer la place fixe qu'elles doivent occuper sur la feuille de papier, afin que le pliage et la reliure soient bien réguliers.

Il faut 4 pages pour une feuille *in-folio*, 2 de chaque côté.

Il faut 8 pages pour une feuille *in-quarto*, 4 de chaque côté.

Il faut 16 pages pour une feuille *in-octavo*, 8 de chaque côté.

Il faut 24 pages pour une feuille *in-douze*, 12 de chaque côté.

Il faut 36 pages pour une feuille *in-dix-huit*, 18 de chaque côté, etc.

Le metteur en page a une grande table de pierre polie, ou de fer, qu'il appelle *marbre*, sur laquelle il *impose*, serre et desserre les *formes*, et fait toutes les *fonctions* ou manipulations de son état. *Imposer*, c'est placer les pages sur le marbre et les serrer en châssis dans un ordre tel que la feuille de papier étant imprimée et pliée, ces pages se suivent dans leur ordre numérique naturel. Cette feuille étant déployée, représente en sens inverse les pages qu'on impose sur le marbre dans l'ordre ci-contre.

Tous les autres formats : l'in-16, l'in-24, l'in-32, etc., ne sont que des dérivés des précédents, et s'imposent le plus souvent par demi-feuille ou par carton.

Le placement des garnitures n'est point une chose indifférente ; elles doivent être assorties en raison de la grandeur des pages et de celle du papier. On plie exactement une feuille en huit (supposons un in-8°). On pose sur cette feuille, ainsi pliée, une page de composition, absolument comme si on la mettait sur un porte-page. On marque avec une pointe ou une interligne, la place de la page sur le papier et on l'ôte ; ensuite on pique un trou aux quatre coins de cette marque et on déploie la feuille. Les garnitures se trouvent déterminées dans tous les sens par la distance qu'il y a d'un trou à l'autre. On place alors le *châssis* dans lequel elles doivent être serrées ; on les dégage de la ficelle qui les liait, en le consolidant provisoirement avec la main et à l'aide des garnitures elles-mêmes, en les rapprochant vers le centre.

Digitized by Google

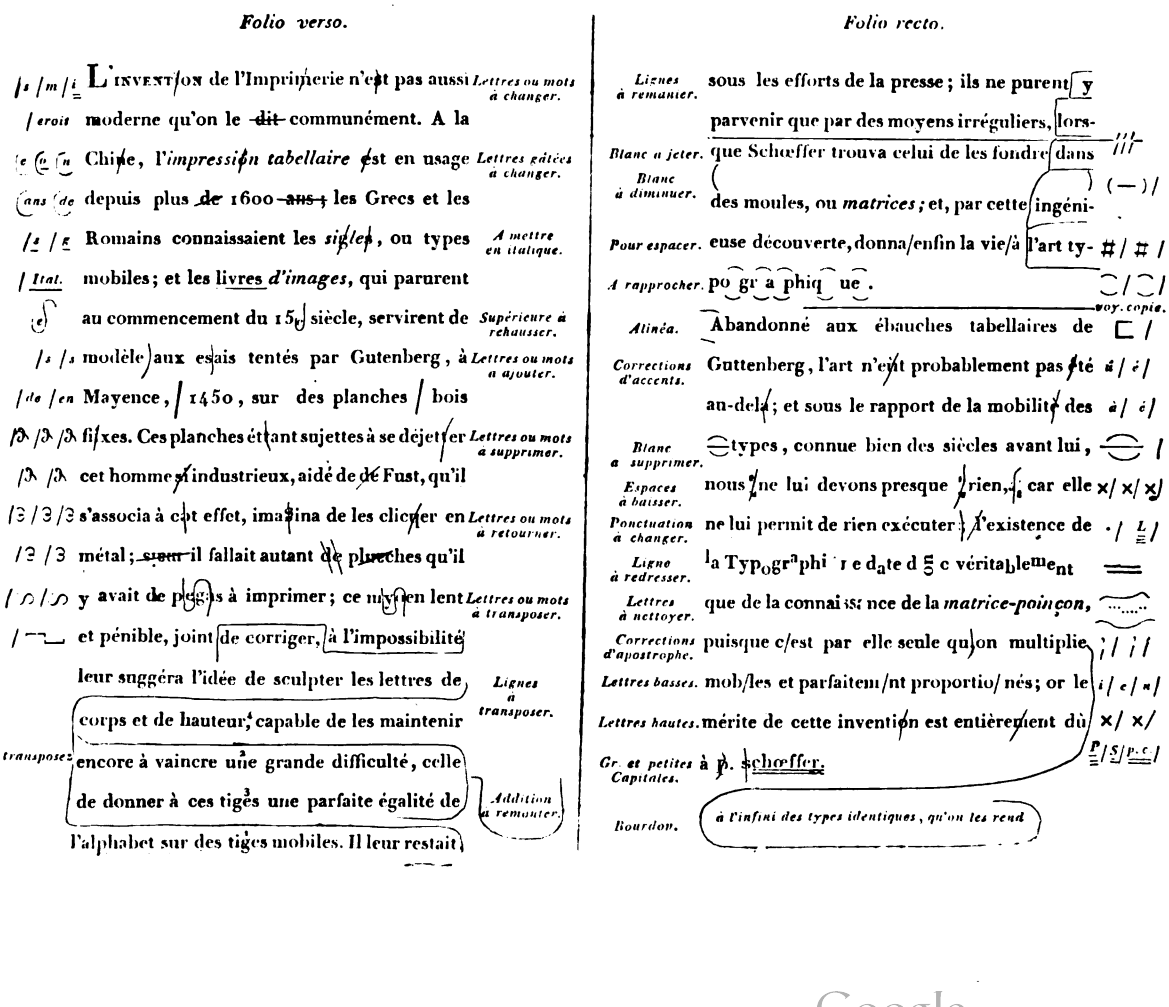
Des deux côtés et au pied du châssis, on met contre la lettre une petite pièce de bois taillée en *biseau*, entre laquelle et le fer du châssis on pose, à des distances égales, deux ou trois *coins*, que l'on chasse à coups de marteau pour en opérer le serrage. De cette manière la *forme* devient aussi solide qu'une planche, et s'enlève tout d'une pièce pour être portée à la presse.

Cependant il n'est pas encore temps d'imprimer; il faut auparavant en faire une *épreuve*, quelquefois même plusieurs, afin de bien corriger toutes les fautes qu'auraient pu faire les ouvriers en composant, ou y faire les changements ordonnés par l'auteur. Ces corrections demandent un soin très minutieux. Voici comment on y procède.

On fait une épreuve de la feuille qu'on vient d'imposer, et on la remet au *correcteur* avec la *copie*. On appelle *copie* ce qui au contraire sert ici de modèle. Le *correcteur* est un homme de lettres, versé dans l'art typographique, et qui ne saurait avoir sur tous sujets des connaissances trop étendues. La feuille lui est remise pliée, mais non coupée, pour qu'il puisse s'assurer d'abord de la régularité des marges; ensuite, il vérifie la *signature*, les *folios* et les *titres courants*. La *signature*, c'est le numéro de la feuille; les *folios* sont les numéros des pages et les *titres courants* sont l'indication qui accompagne ordinairement les folios. Pendant ce temps-là, le *tenceur de copie* met la copie en ordre. Celui-ci est chargé de lire la copie; il le fait à haute et intelligible voix, sans se presser, faisant sentir la ponctuation, les différences de genre et de nombre, ainsi que les temps des verbes, quand il peut y avoir doute. Le correcteur le suit en silence sur son épreuve, marquant les fautes au fur et à mesure qu'il en rencontre, et l'arrêtant, lorsqu'il est nécessaire, pour avoir le temps de marquer les fautes les plus importantes. Ce travail requiert tout le recueillement et toute l'attention du correcteur. Il ne saurait être distrait que pour des cas d'urgente nécessité. Son cabinet est ordinairement retiré dans un lieu exempt de tout bruit, et garni des livres élémentaires de première nécessité.

Les fautes se marquent dans la marge du dehors, c'est-à-dire celle du côté du folio, la première contre le texte, les suivantes en s'écartant vers les bords, de quelque côté qu'on les inscrive. Il y a des signes de convention pour connaître la nature des corrections à faire, et qui évitent de surcharger les épreuves d'écriture qui ne pourrait qu'embrouiller l'ouvrier chargé de les exécuter. Les auteurs qui auront à revoir leurs épreuves feront bien de prendre connaissance de ces signes et de s'y conformer. A cet effet, nous croyons à propos de leur en donner la figure et l'application dans le formulaire suivant.

FORMULAIRE POUR LA CORRECTION DES ÉPREUVES.



Digitized by Google

L'épreuve, étant lue, est rendue au metteur en page, qui remet les formes sur le marbre, les desserre et appelle successivement chaque compositeur qui a contribué à leur confection, pour qu'il ait à corriger la portion qu'il a composée. Celui-ci se met alors en train d'opérer. Voici comment il s'y prend. Il lève d'abord toutes les corrections de sa composition marquées sur l'épreuve, et les rassemble dans un petit composteur en bois à ce destiné. S'il n'a qu'à changer une lettre pour une autre, il enlève la mauvaise à l'aide d'une petite pince dite brucelle; mais si celle qu'il a à remettre à sa place est ou plus épaisse ou plus mince, il change quelques-unes des espaces de la ligne, en en mettant de plus fortes ou de plus faibles, de manière à rétablir la justification parfaite de cette ligne.

Mais lorsqu'on a un mot entier, une portion de ligne à ajouter, on fait, dans la ligne où doit porter cette correction, la place nécessaire pour l'y introduire, soit en diminuant les espaces, ou, si cela ne suffit pas, en rejettant dans les lignes précédentes ou suivantes, un petit mot, s'il y en a, ou une portion de mot, en faisant une *division*, ou enfin un mot entier et même plusieurs, en diminuant les espaces de celles-ci.

Si, au contraire, il faut supprimer un mot ou une portion de ligne, on jette çà et là quelques espaces fines dans la ligne pour combler le déficit; si cela ne suffit pas, on emprunte aux lignes précédentes ou suivantes soit un petit mot, une portion de mot, ou des mots entiers, jusqu'à ce que l'intervalle soit rempli.

On fait entrer dans ces *remaniements*, le nombre de lignes nécessaires pour que le travail soit presque insensible; c'est-à-dire que les lignes où il s'opère ne paraissent pas beaucoup plus serrées ni plus espacées que les autres, et toutes les lignes qui ont été *remaniées* doivent être très soigneusement justifiées.

Ces corrections sont souvent très pénibles, et quand elles sont trop multipliées et occasionnées par le fait des auteurs, elles nuisent toujours à la netteté de la composition et deviennent très coûteuses. Nous saisissons donc cette nouvelle occasion pour engager les personnes qui sont dans le cas de faire imprimer, de toujours fournir une bonne copie, et surtout d'éviter, autant que possible, de faire trop de corrections sur les épreuves.

Dans la composition des journaux, comme il s'agit d'aller vite, on fait beaucoup de petits alinéas pour les répartir entre autant de compositeurs. Cependant, lorsque le sujet ne permet pas de coupure, on divise l'article au hasard en deux ou plusieurs morceaux, en recommandant aux compositeurs qui ont à *rattraper* sur les autres de *tomber en ligne*. Il dépend alors de leur intelligence de *chasser* ou de *regagner* leur composition de manière à la finir juste au bout de la dernière ligne; alors il n'y a que le premier qui commence par un cadratin, et que le dernier qui puisse terminer sa dernière ligne par des cadrats.

Chaque petit morceau de copie est numéroté. Au fur et à mesure que chacun termine sa copie, il appelle le n° suivant, qui répond; alors il va lui porter sa composition, à la suite de laquelle il met la composition non terminée et prend une nouvelle copie. Le dernier lie le paquet et le dépose sur le marbre avec tous les petits morceaux de copie qui ont servi. Le metteur en page fait épreuve aussitôt et la donne à lire et à corriger

Quand on estime que la composition du journal est près d'être terminée, on mesure la longueur des paquets au centimètre; on se rend ainsi compte de ce qu'il y a de trop ou de ce qui manque.

On ne commence pas toujours la mise en page par la première page; quand le *premier Paris* n'est pas prêt, c'est au contraire par là qu'on finit. Quelquefois on en laisse provisoirement la place en blanc, se réservant d'ajouter, d'ôter ou de changer quelque *entre-filets* pour justifier la page. Alors on met sérieusement en page les 2 et 3, qu'on justifie aussi au moyen de quelques *faits-Paris* insignifiants. De même que la 4e se justifie par des annonces de complaisance, des réclames, etc. La mise en page d'un journal se fait page par page, sur un plateau portant un petit châssis d'une page, ce qui tient lieu de galée. L'imprimeur (l'ouvrier qui imprime, le *pressier*) enlève vite chaque page de dessous les mains du *metteur*, dès que celui-ci n'a plus rien à y faire; il lui donne bien vite un coup de brosse à la potasse, l'essuie avec un linge sec et la jette sous presse. Tout cela se fait avec une extrême rapidité, de manière que lorsque la dernière arrive, à peine est-elle en place que la presse *roule*.

La composition des *tableaux* ne diffère de celle des *labeurs* que par la manière de les mettre en page. On appelle ici *tableaux* des comptes sommaires d'administration divisés par nature et en colonnes. On met d'abord en équerre, dans une galée à coulisse, les deux premiers filets d'encadrement, puis on compose toutes les têtes de colonne en les séparant provisoirement par un bout d'interligne. Ces têtes se composent comme des titres, c'est-à-dire en lignes de différents caractères, et de différentes longueurs, le blanc partagé des deux côtés. Sous chaque tête, on place un filet régnant, puis on remplit tout le corps de la colonne avec de ces mêmes pièces de garnitures dont on fait usage dans les formes de labeurs pour séparer les pages. On met ensuite un filet de toute la longueur de la colonne, en place du bout d'interligne, pour séparer cette colonne de la suivante.

Les cartes d'adresses et autres *bilboquets* se composent dans le goût des têtes de colonnes. Ce qui plaît, c'est une grande variété de caractères. Lorsqu'on veut faire tourner des lignes, on les assujettit entre deux interlignes qu'on a courbées selon la forme qu'on veut leur donner, et s'il est nécessaire, on garnit les interstices avec du papier mâché.

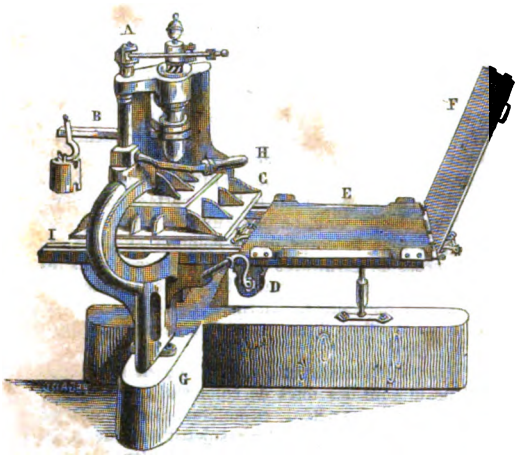
Lorsque les *formes* sont corrigées, on les livre à la presse.

Une *presse* est la machine au moyen de laquelle on imprime, elle est ordinairement servie par deux compagnons : l'un commence par laver les formes dans une bonne dissolution de potasse, pour les débarbouiller de l'encre des épreuves, des crasses et ordures qui pourraient nuire à la netteté de l'impression; il les rince à grande eau et les laisse ensuite sécher au grand air ou à la chaleur du poêle; l'autre, pendant ce temps-là, trempe le papier, car il doit toujours avoir un certain degré d'humidité pour bien recevoir l'impression. Voici comment on s'y prend. On étale une poignée de quelques feuilles sur un *ais*, planche de 2 centimètres d'épaisseur, et d'environ 3 centimètres plus large en tous sens que le papier. On prend un peu d'eau dans un baquet avec la pointe d'un petit balai de bouleau, et on asperge le papier étendu sur l'ais. On met une seconde poignée sur la première, et on l'asperge de même, ainsi de suite jusqu'à ce que tout le papier qui doit servir à l'impression de cette feuille soit trempé de cette manière. On met un autre ais par-dessus le tout et on le charge d'un fort poids. On laisse pendant quelques heures le papier en cet état; peu à peu l'eau y pénètre partout. Pour répandre l'humidité plus également on *remanie* ce papier; c'est-à-dire, on le retourne sur lui-même, pincée à pincée, tantôt de gauche à droite, tantôt de bas en haut; à chaque fois on le lisse avec la main, pour l'étendre et en effacer les rides. On le met ensuite dans un pressoir, où on lui fait éprouver, par degrés, jusqu'à la plus forte pression possible. De cette manière l'humidité se trouve tellement répandue dans la masse, qu'à peine si chaque feuille s'en ressent un peu. Cela suffit cependant, et c'est dans cet état que le papier doit être pour recevoir

Digitized by Google

une bonne impression. Quelquefois même on lui fait encore subir une autre opération : chaque feuille est placée entre deux cartons à satiner et passée de nouveau dans un pressoir fortement serré ; ou bien encore les feuilles sont mises entre deux planches de cuivre ou de zinc et passées sur un cylindre d'acier poli. Alors la surface du papier est aussi unie qu'une glace. Mais on n'emploie ces moyens coûteux que pour les impressions de luxe et surtout lorsqu'il y a des vignettes. L'ouvrier le porte alors sur son *banc* et se dispose à imprimer.

Pour nous mieux faire comprendre dans la description que nous voulons donner de la manœuvre d'une presse, nous croyons à propos d'en représenter ici la fig. 1292.



1292.

A, jumelles ; B, contre-poids ; C, platine ; D, rouleau de la manivelle ; E, marbre ; F, tympan ; G, patin ; H, barreau ; I, bandes.

La presse étant *déroulée*, l'imprimeur met sa forme sur le *marbre ;* il l'ajuste bien au milieu et l'arrête solidement, de manière qu'étant roulée sous la platine, celle-ci la couvre bien également et donne des marges parfaitement égales à la tête et au pied et sur les deux côtés.

Ensuite il fait sa *marge*. C'est une feuille du papier de l'ouvrage mise à demeure sur le *tympan*, et sur laquelle on pose de repère la feuille qui doit être imprimée. Il faut que cette marge se rencontre avec bien de la précision sur la forme. Voici comment on s'y prend (supposons encore un in-8°) : on plie la feuille en quatre, on la pose sur les deux pages qui sont sous la main gauche, le double pli à la barre, et l'autre contre les pages du haut et du bas. On l'ajuste bien carrément et bien précisément sur le milieu des *tétières* et de la barre. En cet état, on laisse tomber quelques gouttes d'eau dessus, et on abaisse doucement le tympan. En passant un peu la main par dessus le tympan, la feuille, au moyen de l'eau qu'on y a répandue, adhère au tympan. On relève le tympan avec précaution, pour que la feuille, en se déployant, ne se démarge pas. On en fixe les quatre coins sur le tympan avec un peu de colle, mais on écorne celui du bas, afin de ne pas déchirer la marge en enlevant la feuille.

On met ensuite les *pointures*. Ce sont deux espèces d'ardillons qui se fixent sur le bord du tympan, à des repères précis, et qui font de petits trous dans la feuille, de telle sorte qu'en la retournant pour l'imprimer de l'autre côté, la feuille *rentrant dans les mêmes pointures*, ou, pour mieux dire, les pointures rentrant dans les trous qu'elles ont déjà faits, l'impression des deux côtés doit *tomber* exactement l'une sur l'autre, ligne sur ligne, page sur page, sans la moindre déviation. C'est cette parfaite précision qu'on nomme le *registre*.

Il y a deux manières de faire le registre : c'est d'ajuster les pointures, 1° pour retourner la feuille sur elle-même, de bas en haut, ce qui se dit *retourner in-quarto* ou *in-octavo ;* alors on cherche le véritable axe de la feuille en faisant mouvoir peu à peu, soit en haut, soit en bas, le petit bout de l'une ou de l'autre pointure ; 2° pour la retourner sur les côtés, d'une pointure à l'autre, ce qui se dit *retourner in-douze*, parce qu'en effet, le papier de ce format ne peut pas se retourner autrement ; alors le point de repère se cherche en avançant ou reculant les pointures et en faisant mouvoir la pointe, soit en haut, soit en bas.

On *touche* un peu la forme. On abaisse la *frisquette* sur le *tympan* et ces deux parties ensemble sur la *forme*, puis on tire un léger coup, suffisant pour marquer la frisquette, ce qui sert à la *découper*. On en fait tomber toutes les parties imprimées et on réserve les blancs. La frisquette, ainsi découpée, sert à garantir les blancs de la feuille de tout barbouillage sans empêcher la lettre d'y parvenir.

Ensuite on met *en train*. Voici ce que c'est : une première feuille est tirée avec précaution ; on examine si la platine ne foule pas plus d'un côté que de l'autre ; ce serait un signe que la forme ne serait pas bien au milieu ; il serait facile d'y remédier, mais il faudrait recommencer tout ce qu'il y aurait de fait. S'il n'y a, par-ci, par là, que quelques petits endroits qui viennent ou trop *forts* ou trop *faibles*, cela peut provenir de beaucoup de causes que nous ne nous proposons pas de rechercher ici, mais il est aisé d'y remédier en enlevant avec des ciseaux la partie de la marge où cela vient trop fort, ou en y ajoutant un petit morceau de papier supplémentaire, qu'on appelle une *hausse*, aux endroits qui viennent trop faibles. Cette expérience peut se répéter sur quelques autres feuilles, jusqu'à ce qu'on soit pleinement satisfait de l'égalité du foulage et de la netteté de l'impression. Alors on peut *rouler*.

Pendant que l'un des deux compagnons s'acquitte de la fonction délicate de la mise en train, son camarade dispose l'appareil d'encrage, représenté fig. 1293 et 1294. Cet appareil, comme on le voit, consiste en une table surmontée, à l'une de ses extrémités, d'un cylindre en fer, et en un rouleau de gélatine, composé d'une mixtion de mélasse et de colle-forte. L'encre dont on se sert pour imprimer est un composé de vernis et de noir de fumée. Le vernis n'est autre chose que de l'huile de lin rendue épaisse par la cuisson. Le noir s'obtient en brûlant du brai ou autres matières grasses. On opère le mélange parfait de ces substances en les broyant à la molette sur un marbre, ou mieux, en les faisant passer successivement dans différents laminoirs de plus en plus serrés. Quand on veut avoir des encres de couleur, on substitue au noir la couleur qu'on désire, en l'unissant de la même manière au vernis. Pour rendre l'encre siccative, on y ajoute un peu de litharge.

1293.





1294.

On a soin de toujours tenir la table de l'encrier bien propre, exempte de toute ordure, poussière, poils, graisse, etc. Le compagnon charge d'encre le cylindre de l'encrier et l'étend également par deux ou trois tours de manivelle ; il examine si son rouleau peut faire un bon service, et, après l'avoir bien nettoyé et dégraissé, il prend un peu d'encre, en l'approchant du cylindre, et la *distribue* sur la table ; il répète cet exercice jusqu'à ce que le rouleau soit bien *pris*. *Distribuer*, ici c'est ré-

Digitized by Google

partir également sur toute la surface de la table l'encre qu'on a prise au cylindre en appuyant le rouleau dessus, ce qui se fait en faisant courir, dans tous les sens, le rouleau sur la table. Plus la distribution est étendue avec le moins d'encre possible, mieux cela vaut. Alors le compagnon *touche* la forme; autrement dit, il passe deux ou trois fois le rouleau sur toute la surface de la forme, pour charger l'œil de la lettre de l'encre nécessaire à l'impression, et se remet aussitôt à distribuer de nouveau sur la table, pour reprendre autant d'encre qu'il en a été dépensé.

Les imprimeurs disent : *Toute forme encrée doit être tirée.* Celui qui est au barreau prend une feuille sur le pupitre où est déposé le papier blanc, et la pose bien de repère sur la marge. De la main droite il abat la frisquette sur le tympan qu'il abat également sur la forme du même mouvement; cela s'appelle faire le *moulinet.* Par un tour de manivelle, donné de la main gauche, le train est presque aussitôt rendu sous la platine. La main droite se trouve toute portée pour saisir le barreau; l'imprimeur l'attire à lui jusqu'à fin de résistance; ce mouvement fait descendre la platine sur le train, fait *fouler* le papier sur la forme et produit l'impression, but de tout ce qui précède. Le barreau est reconduit à son repos. La main gauche, qui n'a pas quitté la manivelle, déroule immédiatement le train; la droite, par un mouvement analogue au précédent, relève d'un même coup le tympan et la frisquette. Enfin, de la main gauche, il soulève par un coin la feuille de dessus la marge, et de la droite l'emporte et la met en dépôt sur le banc, à côté du papier blanc. Tout cela se fait en douceur, avec adresse et célérité. De cette manière, une presse peut *tirer* (imprimer) environ 2,000 feuilles par jour, mais d'un côté seulement, car pour imprimer de l'autre côté, ce qui se dit *en retiration*, il faut mettre une autre forme sous presse, en place de la précédente, retourner le papier sur le pupitre, et répéter l'opération de tout à l'heure.

Lorsque les deux côtés de la feuille sont tirés, les imprimeurs lavent les formes avec une brosse dans une bonne dissolution de potasse, et les rincent grandement jusqu'à ce qu'elles ne rendent plus d'eau noire. Alors ils les rendent aux compositeurs, qui les *distribuent*, c'est-à-dire remettent la lettre en casse pour en composer de nouveaux textes. Voici comment se fait cette distribution :

Le compositeur met la forme sur le marbre, la desserre, en ôte le châssis et toutes les garnitures, qu'il conserve en ordre sur un ais pour les employer à une autre forme. Il enlève les titres courants et autres, les lignes de pied, et tout ce qui est étranger au texte de l'ouvrage. On jette un peu d'eau avec une éponge sur cette lettre, si elle n'est déjà mouillée, pour lui donner du liant. On en prend une poignée, qu'on tient de la main gauche sur une réglette. Avec les deux premiers doigts et le pouce de la main droite, on prend un ou deux mots, et, après les avoir lus, on en écarte un peu les lettres pour les laisser tomber une à une avec plus de facilité dans leurs cassetins respectifs. Cette opération se fait ordinairement avec autant de légèreté que de célérité, tant pour ne pas heurter l'œil de la lettre en la jetant trop rudement, que parce qu'elle est aisée et une des charges de l'ouvrier; cependant il faut y apporter assez d'attention pour ne pas jeter une lettre dans un cassetin qui ne serait pas le sien, ce qui serait faire une *coquille.*

Quand l'ouvrier a ainsi rempli sa casse, il laisse sécher la lettre avant de l'employer de nouveau, car, lorsqu'elle est mouillée, la ligne est très difficile à justifier. En conséquence, pour ne point perdre de temps, c'est ordinairement par cette opération que le compositeur finit sa journée.

Le lecteur connaît maintenant toute la manutention principale d'une imprimerie. Les détails que nous pourrions ajouter à ce que nous avons dit ne conviendraient qu'aux ouvriers de profession. Cependant nous avons encore à satisfaire sa curiosité sur le mode d'impression des journaux; mais, comme les presses mécaniques qu'on y emploie diffèrent de celles dont nous venons de parler, nous y reviendrons dans un instant. Pour terminer, après l'impression, ce qui concerne la confection des *labeurs* (entreprises de librairie), nous avons à indiquer la manière de plier les feuilles, pour en former des cahiers et ensuite les relier en volumes.

Le pliage des feuilles diffère selon le *format*, ce qui s'entend non de la grandeur, mais du nombre de pages que contient la feuille.

Le côté de la feuille imprimée où se trouve la page 1 s'appelle *côté de première;* celui où se trouvent les pages 2 et 3 s'appelle *côté de seconde.*

Pour plier une feuille on met toujours le côté de première en dessous, la page 1 sous la main gauche, par conséquent le côté de seconde en dessus, et la page 2 également sous la main gauche.

Pour l'*in-folio*, il suffit d'abaisser de droite à gauche le folio de la page 3 sur celui de la page 2 bien exactement, et de plier la feuille par le milieu. Si le registre est bien fait, les lignes des quatre pages doivent tomber l'une sur l'autre, ombre sur ombre, et le pli doit partager les trous de pointures.

Dans l'*in-quarto*, la page 2 se trouve bien à gauche, mais non positivement sous la main. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2, ensuite, du haut en bas, 4 sur 5.

Dans l'*in-octavo*, la page 2 est sous la main gauche. On abaisse d'abord de droite à gauche 3 sur 2; ensuite, de haut en bas, 12 sur 13, puis on fait faire lestement au cahier un quart de conversion, par lequel la 8 se trouve en haut, et on abaisse cette page 8 sur la 9. Cette conversion se fait pour faciliter le pliage, qui se ferait mal en abaissant de gauche à droite; les deux bras se croiseraient pour former le pli.

Dans l'*in-douze*, la page 2 est à gauche, mais en haut. On abaisse, de droite à gauche, seulement le tiers de la feuille, non folio sur folio, cela ne se peut, mais on se guide sur les pointures pour que le pli les partage, et on coupe. Il y a des imprimeurs soigneux qui mettent des petits filets dans les garnitures pour indiquer la coupure des feuilletons, alors on se guide sur ces filets. Abaissez de haut en bas 10 sur 11, faites la volte de bas en haut, de manière que 12 et 13 se trouvent à découvert, et abaissez de haut en bas 12 sur 13. Mettez à part.

Venant ensuite au grand carton, vous lui faites faire un quart de conversion, de manière à ce que la 2 se trouve sous la main gauche, et vous pliez comme une feuille in-8°. Enfin vous encartez le petit cahier dans le grand, entre les pages 8 et 17.

Il y a des impositions in-12, où le petit cahier ne s'encarte pas; il se met à la suite du grand; mais le pliage est le même.

Dans l'*in-dix-huit*, la page 2 est sous la main gauche. On abat de droite à gauche seulement le tiers de la feuille, 25 sur 24, et on coupe.

Faites faire un quart de conversion à ce tiers, pour que la page 26 se trouve à gauche et en haut. Abaissez de droite à gauche le tiers de ce feuilleton, non folio sur folio, cela ne se peut, mais de manière à ménager en tête une marge égale à la moitié des têtières. En pareil cas, les imprimeurs soigneux mettent des *guides* dans les garnitures et on plie dessus. Coupez ce petit carton. Abaissez de haut en bas 30 sur 31, et mettez à part. Pliez l'autre partie comme un in-4°, et encartez le petit dans le grand carton; mettez à part, la signature en dessus.

Procédez de même pour le second feuilleton, et mettez à part sur le précédent.

Digitized by Google

Faites faire conversion au dernier feuilleton, et procédez comme aux précédents. Mettez à part sur les deux autres, alors les folios de tous les trois se suivent.

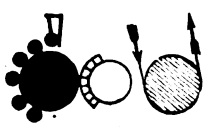
L'*in-seize* se coupe d'abord en petits cartons qui représentent autant de feuilles in-4° et se plient selon ce format.

L'*in-vingt-quatre* se réduit également en petites feuilles in-12, qui se plient selon ce format.

L'*in-trente-deux* se réduit aussi en petites feuilles in-8°, qui se plient selon ce format. M. B.

IMPRIMERIE MÉCANIQUE. L'imprimerie se compose, comme nous venons de le voir, de deux opérations distinctes, la composition et l'impression. De ces deux opérations la seconde seule paraît pouvoir être du domaine de la mécanique, aussi allons-nous voir qu'on est arrivé à l'exécuter par procédés presque entièrement automatiques. Nous parlerons ensuite des tentatives faites récemment pour faire rentrer la première, autant que faire se pouvait d'une opération exigeant nécessairement l'intervention intelligente du compositeur, dans le domaine mécanique, recherches qui n'ont mené jusqu'ici et ne paraissent pouvoir conduire qu'à des résultats de médiocre importance.

IMPRESSION MÉCANIQUE. La première personne qui ait rendu public le projet d'une presse mécanique fut William Nicholson, l'éditeur du *Journal philosophique*, qui prit un brevet d'invention en 1790, 1° pour placer les types sur une surface cylindrique; cette disposition des caractères, des filets, des garnitures, etc., était tout à fait nouvelle (fig. 1295); 2° pour étaler l'encre à la surface des types, en faisant rouler sur eux la surface d'un cylindre enduit d'encre, ou bien en faisant que les types s'appliquassent eux-mêmes sur celui-ci. Quant au moyen de répandre l'encre également sur ce cylindre, il proposait pour cela d'appliquer trois rouleaux distributeurs, ou davantage, longitudinalement au cylindre à encre, de manière qu'ils pussent rouler sur eux-mêmes par le mouvement de ce dernier. « J'opère, disait-il, toutes mes impressions par l'action d'un cylindre, ou d'une surface cylindrique; c'est-à-dire que je fais passer le papier entre deux cylindres, sur l'un desquels est fixée la forme des types qui constitue ainsi une partie de sa surface; l'autre cylindre est garni de drap, il sert à presser le papier de manière à lui faire recevoir l'impression; ou bien encore je fais passer la forme des types, préalablement encrée, successivement en contact avec le papier enveloppant le cylindre garni de drap. »



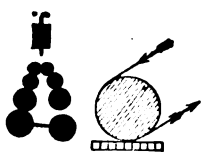
1295.

Dans cette description, M. Nicholson indique assez clairement les principales parties qui entrent dans les machines à imprimer d'aujourd'hui; et s'il avait donné à chaque partie de son invention autant d'attention qu'il en a apporté dans ses inutiles efforts pour attacher les types à un cylindre, ou bien, s'il avait songé à courber les formes stéréotypées dont on commençait à parler alors, il aurait, selon toute probabilité, réalisé un appareil pratique.

La première machine à imprimer qui ait été employée a été, sans contredit, inventée par M. Kœnig, horloger de Saxe, et construite sous sa direction; dès l'année 1804 M. Kœnig s'occupait de perfectionner les presses d'imprimerie. N'ayant pu réussir à intéresser à ses vues les imprimeurs du continent, il vint à Londres bientôt après cette époque; il soumit ses plans à M. T. Bensley, célèbre imprimeur, et à M. Taylor.

Ces messieurs fournirent libéralement des fonds à M. Kœnig et à son aide Bauer, mécanicien allemand. En 1811, Kœnig obtint une patente pour une méthode par laquelle il faisait marcher par un moteur une presse ordinaire à la main; mais après beaucoup de dépenses et de travail, il fallut renoncer à ce projet. Il dirigea alors son attention vers l'emploi d'un cylindre, au lieu d'une surface plane, pour communiquer la pression; il réussit enfin, quelque temps avant le 28 novembre 1814, à compléter son *automate* à impression, car ce jour-là, les éditeurs du *Times* annoncèrent à leurs lecteurs qu'ils lisaient pour la première fois un journal imprimé par une machine à vapeur; c'est donc là un jour à jamais mémorable dans les annales de la typographie.

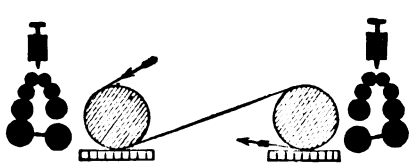
Dans cette machine, la forme à types était disposée de manière à se mouvoir horizontalement au-dessous du cylindre à impression sur lequel la feuille de papier était tenue très serrée au moyen d'une série de cordons de fil, sans fin. L'encre était placée dans une boîte cylindrique, d'où elle était chassée au moyen d'une vis qui pressait sur un piston parfaitement ajusté : l'encre tombait ensuite entre deux rouleaux de fer, qui par leur mouvement de rotation la transmettaient à plusieurs autres rouleaux subjacents, lesquels avaient non seulement un mouvement autour de leurs axes, mais encore un mouvement alternatif en travers. Ce système de rouleaux *égalisateurs* se terminait par deux autres garnis de cuir qui appliquaient l'encre sur les types (fig. 1296) Cette manière d'égaliser et d'appliquer l'encre offrait évidemment un mécanisme un peu trop compliqué, et par conséquent difficile à conduire; il exigeait quelquefois deux heures avant qu'il pût être mis convenablement en train.



1296.

Afin d'obtenir rapidement un grand nombre d'impressions avec la même forme, un cylindre fut établi de chaque côté de l'appareil à encre, la forme devant passer au-dessous de chacun d'eux; avec cette disposition à double effet, on obtint 1,100 impressions par heure lorsque la machine fut mise en œuvre pour la première fois; mais un perfectionnement subséquent la mit à même d'en donner jusqu'à 1,800.

La seconde découverte de Kœnig fut de construire une machine capable d'imprimer les deux côtés d'un journal chaque fois que les formes complétaient leur passage au-dessous des cylindres. L'appareil (fig. 1297)



1297.

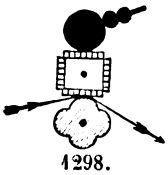
se composait de deux machines simples, complètes, placées l'une vis-à-vis l'autre, les deux marbres étant réunis en un seul, vers les extrémités duquel se trouvaient les encriers.

La feuille était portée d'un cylindre à l'autre comme auparavant, par le moyen de rubans, et le chemin qu'elle parcourait ressemblait à la lettre S, couchée horizontalement ∽. Par là la feuille était tournée sens dessus dessous, pendant la course même d'un cylindre à l'autre. Sous le premier cylindre elle recevait l'impression de la première forme, et sous le second celle de la deuxième. Ainsi disposée, la machine put imprimer 750 feuilles d'impression des deux côtés en une heure. Ce nouvel appareil à registre fut construit en 1815 pour M. T. Bensley. Ce fut la seule machine construite par Kœnig, pour imprimer des deux côtés.

MM. Donkin et Bacon, quelques années avant cette

Digitized by Google

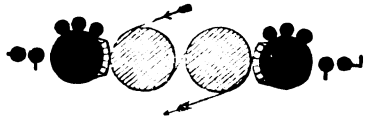
époque, s'étaient occupés très sérieusement de machines à imprimer. Il est certain que dès 1813, ils avaient pris une patente pour un appareil dans lequel les types étaient placés sur les côtés d'un prisme tournant sur lui-même. L'encre y était appliquée par un rouleau, qui s'élevait et s'abaissait par l'effet de l'excentricité de la surface prismatique, et la feuille était placée sur un autre prisme disposé de manière à coïncider à son tour avec les excentricités du prisme à types. Une pareille machine fut construite pour l'université de Cambridge (fig. 1298). Ce fut un beau modèle, d'une invention ingénieuse et d'une parfaite exécution; mais elle fut trouvée trop compliquée, et insuffisante dans la partie du mécanisme qui fournissait l'encre. Cependant cette invention montra pour la première fois des rouleaux élastiques, inventés en France, composés d'une combinaison de colle-forte et de mélasse, qui constituent à eux seuls une des plus belles inventions de la typographie moderne. Dans la machine de Kœnig, les rouleaux étaient de métal, recouverts de cuir, et ne répondaient jamais bien à leur but.



1298.

Dans l'année 1815, M. Cowper dirigea son esprit inventif vers les machines à imprimer, qu'il a depuis portées, avec son associé M. Applegath, à un degré de perfection inespéré. M. Cowper obtint, cette même année, une patente pour avoir rendu courbes les formes stéréotypées dans le but de les fixer à un cylindre. Plusieurs machines ainsi disposées, capables d'imprimer des deux côtés 1000 feuilles par heure, fonctionnent aujourd'hui. Douze d'entre elles furent construites pour les directeurs de la banque d'Angleterre, quelque temps avant la reprise des payements en or.

On doit remarquer ici que le même objet semble avoir occupé l'attention de Nicholson, Donkin, Bacon et Cowper; savoir : le mouvement de révolution de la forme des types. Nicholson pensait obtenir cet effet en donnant au corps de chaque type la forme d'un vousoir. Donkin et Bacon, en attachant les types sur les côtés d'un prisme tournant; et Cowper, avec plus de succès, en courbant toute une forme stéréotypée. Dans ces machines (fig. 1299), M. Cowper place deux



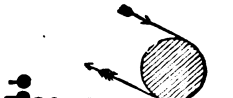
1299.

cylindres côte à côte, et contre chacun d'eux un cylindre sur lequel sont ajustées les formes. Chacun de ces quatre cylindres a à peu près 0m,60 de diamètre. A la surface du cylindre tenant la forme stéréotypée, sont appliqués quatre ou cinq rouleaux à encre, d'environ 0m,08 de diamètre; ils sont maintenus dans leur position par un châssis placé à chaque extrémité dudit cylindre, leurs axes se trouvant dans des ouvertures verticales pratiquées dans le châssis; par ce moyen les rouleaux ont des mouvements libres, ils agissent par leur propre poids, et n'exigent aucun ajustement.

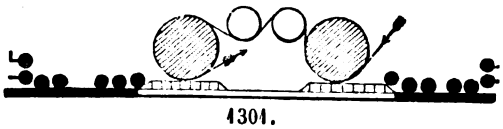
Le châssis, qui supporte les rouleaux à encre, s'appelle le châssis ondulant; il est fixé par des gonds à la charpente générale de la machine. Le bord du cylindre à forme stéréotypée frotte contre le châssis ondulant en l'écartant successivement, et par suite en imprimant aux rouleaux un mouvement traversal. Ces rouleaux distribuent l'encre sur les trois quarts de la surface du cylindre, l'autre quart étant occupé par les formes courbes stéréotypées. L'encre est contenue dans un récipient parallèle au cylindre, et formé d'un rouleau en métal qui tourne contre le bord d'une plaque de fer; dans sa révolution, il se couvre d'une couche mince d'encre qui est transmise au cylindre à forme, par un rouleau distributeur qui tourne entre les deux. L'encre est ensuite répandue sur le cylindre à forme, ainsi que nous l'avons déjà décrit. Les formes, en passant sous les rouleaux, se chargent d'encre; et comme le cylindre continue à tourner, elles arrivent au contact de la feuille de papier, qui est placée sur le premier cylindre, et qui, de là, est portée par le moyen des rubans sur le deuxième cylindre à papier, où elle reçoit l'impression sur le côté opposé de la forme placée sur ce deuxième cylindre.

De cette manière l'impression de la feuille est complète. Quoique cette machine ne soit applicable qu'aux formes stéréotypées, elle a été d'une grande importance, en ce qu'elle a servi à fonder le succès futur de la machine à impression de MM. Cowper et Applegath, en leur montrant la meilleure manière de fournir, de distribuer et d'appliquer l'encre aux types.

Afin d'adapter cette méthode de distribution de l'encre à une machine à formes plates, il n'y eut plus qu'à appliquer sur un plan ou sur une table, ce qu'on avait fait pour une surface cylindrique d'une certaine étendue (fig. 1300). En conséquence, MM. Cowper et Applegath construisirent une machine à imprimer les deux côtés d'une feuille (fig. 1301), ayant à la fois l'appareil à l'encre, et le mode de transport de la feuille d'un cylindre à l'autre, par le moyen de tambours et de rubans.



1300.



1301.

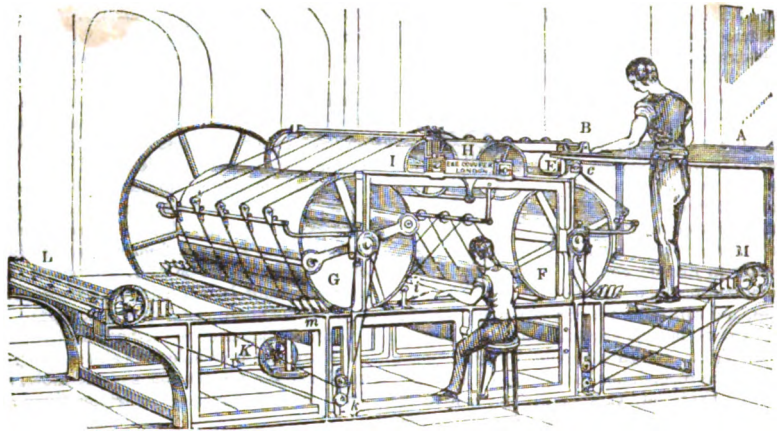
Les avantages de ces machines, qui n'ont pas encore été surpassées jusqu'ici, sont : la distribution uniforme de l'encre, l'égalité aussi bien que la légèreté avec lesquelles elle est répandue sur les types, et la facilité avec laquelle tout le mécanisme est conduit.

Construire une machine qui imprime les deux côtés à la fois, avec un registre exact, c'est-à-dire avec le second côté placé précisément au dos du premier, est un problème fort difficile, qui a été pour la première fois pratiquement résolu par MM. Applegath et Cowper. Il est comparativement facile de construire une machine qui imprime d'abord un côté de la feuille et ensuite l'autre, en remplaçant une forme par une autre, et c'est à ce point que M. Kœnig était parvenu. Un registre correct exige que la feuille, après avoir reçu la première impression d'un cylindre, passe par la périphérie des cylindres et des tambours, de manière à pouvoir rencontrer les types du deuxième côté, au point précis qui forcera ce côté à tomber avec une exactitude géométrique sur le dos du premier. Dans ce but, les cylindres et les tambours doivent faire leur révolution exactement dans le même temps que le marbre; il résulte de là que la moindre inexactitude dans l'exécution doit produire une typographie si défectueuse qu'elle ne serait pas admissible pour l'impression des livres d'aujourd'hui, quoiqu'elle pût être tolérée pour celle des journaux. Une distribution égale de l'encre n'est pas moins importante que la beauté des caractères.

Les machines représentées dans les fig. 1302 et 1304, sont celles de MM. Applegath et Cowper, qui se construisent aujourd'hui dans tous les pays. Celle repré-

Digitized by Google

sentée dans la fig. 1302, imprime les deux côtés de la feuille pendant son passage et donne à peu près mille feuilles imprimées par heure. Le papier humide étant empilé sur la table A, l'enfant qui se trouve sur la plate-forme voisine, présente les feuilles l'une après l'autre



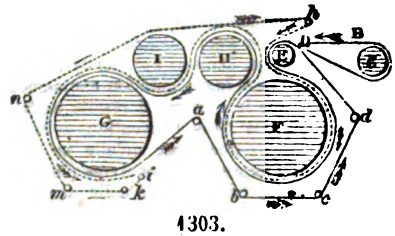
1302.

au rouleau preneur B. Ce rouleau s'abaissant à intervalles réguliers par l'effet d'un excentrique, saisit la feuille qui se trouve engagée, et avance entre deux séries de cordons sans fin qui passent autour du rouleau de tension. Ces cordons sont placés de manière à tomber dans les marges. De cette manière ils restent en contact avec les deux côtés de la feuille de papier pendant que celle-ci avance à travers la machine. Le papier est ainsi conduit du premier cylindre d'impression F, au second cylindre G, par un mouvement régulier et continu, sans que rien puisse déranger la coïncidence de l'impression des deux côtés. Ces deux grands cylindres sont en fonte, et parfaitement dressés. Ils sont recouverts dans les parties qui correspondent à l'impression d'un drap fin dit *blanchet*, et tournent sur des axes qui reposent sur des coussinets fixés au châssis de la machine.

Les tambours H et I sont en bois, ils servent à retourner et à conduire la feuille de papier, avec égalité, d'un cylindre à l'autre.

Suivons le mouvement des cordons, qui feront bien comprendre celui de la feuille de papier.

Cordon intérieur tournant autour du cylindre d'introduction E ; il reste en contact avec le côté droit et la surface inférieure du cylindre à impression F, passe ensuite par dessus le tambour H, et au-dessous du tambour I ; alors, entourant le côté gauche et la partie inférieure du tambour à impression G, il passe sur de petites poulies de tension *a*,*b*,*c*,*d*, (fig. 1303) ; et enfin revient sur le rouleau E.



1303.

Cordon extérieur — Ce cordon vient passer sur les poulies qui se mettent en contact avec le rouleau d'introduction E, pour entraîner la feuille. A ce moment, de papier s'est trouvée entre eux. La feuille se trouve ainsi abandonnée. Les rubans descendent du rouleau *i*, à un autre rouleau placé en *k*, et, après avoir passé en contact avec les rouleaux en *l*, *m*, *n*, ils arrivent finalement au rouleau *h*, où ils sont censés commencer. Par là, les deux séries de rubans agissent continuellement en contact, sans se croiser.

Les différents cylindres et tambours tournent avec exactitude au moyen de roues d'engrenages et montées à leurs extrémités. Deux formes de types horizontales sont placées séparément à une certaine distance sur le marbre en fonte M, sur le prolongement duquel se trouve, de chaque côté, une table à encre. Le marbre commun, portant les deux formes de types et les deux tables à encre, est poussé en avant et en arrière d'une extrémité de la machine à l'autre, sous des rouleaux fixés au châssis, et dans son passage, il met les types en contact avec la feuille de papier retenue en place par les rubans qui entourent les surfaces des cylindres à impression. Ce mouvement alternatif est dû à un pignon qui agit alternativement sur les côtés opposés d'une crémaillère placée sous la table. Le pignon est conduit par les roues à angle K.

Le mécanisme pour fournir l'encre, et la distribuer sur les formes, est une des plus ingénieuses et des plus utiles inventions qui appartiennent à cette machine. On a adapté deux appareils à encre semblables à la machine, à chaque extrémité, de manière que chacun d'eux fournit l'encre à la forme qui se trouve placée de son côté. Le cylindre en fer L apporte le supplément d'encre nécessaire par un mouvement lent de rotation que lui communique une corde à boyau qui passe autour d'une petite poulie placée à l'extrémité de l'axe du cylindre à impression G. Une plaque horizontale de métal, avec un rebord en équerre, est ajustée par une suite de vis, de manière à se trouver à peu près en contact avec le rouleau. Cette plaque a un rebord perpendiculaire par derrière, qui forme l'encrier, et qui fournit l'encre au rouleau à mesure que celui-ci tourne sur la table. Un autre rouleau ordinaire est levé, à chaque mouvement de va-et-vient, et va toucher le rouleau de l'encrier un seul instant, et lui enlève une couche très mince d'encre, pour la transporter sur la table en retombant. Il y a trois ou quatre rouleaux de distribution qui traversent la table en M, un peu obliquement (ils

Digitized by Google

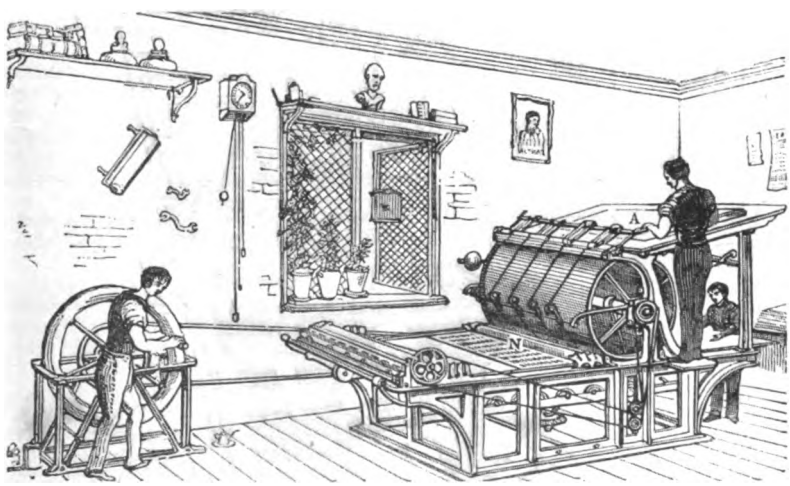
s'écartent de la parallèle seulement de deux pouces à l'extrémité du cadre); ils sont munis d'axes longs et minces, qui reposent dans des entailles verticales, où ils peuvent en même temps effectuer librement leurs révolutions, et se mouvoir en travers. Par ce mouvement composé, ils peuvent effacer toute espèce d'inégalité à la surface de la table, ou effectuer une distribution parfaite. L'encre étant étalée d'une manière uniforme sur la table, celle-ci passe sous les trois ou quatre rouleaux à encre (voyez fig. 1300), leur donne une couche d'encre uniforme très mince que ceux-ci transmettent immédiatement aux types. Par cette disposition, chaque fois que les formes complètent leur course d'un côté à l'autre, ainsi que l'exige l'impression de chaque feuille, les types ne sont pas touchés moins de huit fois par les rouleaux à encre. Les rouleaux de distribution, comme les rouleaux toucheurs, tournent dans des entailles qui leur permettent de s'élever et de retomber de manière à peser de tout leur poids sur la table à encre, ainsi que sur les formes, de sorte qu'ils n'exigent aucun ajustement, ni aucune vis, et sont toujours prêts pour l'ouvrage tant qu'on les laisse retomber dans leurs positions respectives.

Tout le système de l'appareil reçoit son mouvement d'une courroie mue à l'aide d'une machine à vapeur qui entoure une poulie placée à l'extrémité de l'axe, derrière la charpente; une machine à vapeur de la force d'un seul cheval, suffit pour mettre en mouvement deux machines à impression à double effet; tandis qu'une machine à simple effet peut être mise en mouvement par la puissance de deux hommes, qui font tourner un volant.

types, et en reçoit l'impression. Après s'être ainsi imprimée d'un côté, elle est portée en passant sur H, et sous I, contre le drap du cylindre à impression G, où elle se trouve placée dans une position inverse de la première; le côté imprimé étant maintenant en contact avec le drap, et le côté blanc étant en dehors, elle rencontre la deuxième forme de types à l'instant convenable pour recevoir la deuxième impression, et se trouve par là complétement imprimée. La feuille arrive aussitôt après au point *i* où les deux séries de rubans se séparent, elle en est dégagée par l'effet de la force centrifuge, et tombe dans les mains d'un enfant qui se trouve là pour la recevoir.

La fig. 1304 représente une presse mécanique dite en blanc, parce qu'elle n'imprime la feuille que d'un côté. Le second côté s'imprime en replaçant la feuille sur la presse, au moyen de pointures, comme pour la presse à bras.

La fig. 1305 représente une machine à grande vitesse à deux cylindres, et la fig. 1306, un autre système analogue, aussi inventé par MM. Applegath et Cowper, pour imprimer le journal le *Times*. Il y a ici quatre places pour quatre margeurs et quatre leveurs de feuilles; il faut, par conséquent, huit enfants. P, P, P, P, sont les quatre piles de papier; F, F, F, F, sont les quatre planches nourricières. E, E, E, E, sont les quatre tambours d'entrée sur lesquels les feuilles sont introduites entre les rubans *t*, *t*, *t*, *t*, d'où elles sont conduites aux quatre cylindres d'impression 1, 2, 3, 4; T est la forme; I, I, sont les deux tables à encre, une placée à chaque extrémité de la forme. L'appareil à encre est



1304.

L'opération de l'impression se fait comme il suit (fig. 1312):

La feuille de papier étant placée avec soin sur le rouleau preneur, se trouve saisie par le mouvement imprimé au moyen d'un segment de roue qui ne fait qu'une portion de révolution. Ce mouvement fait avancer la feuille de papier suffisamment, pour l'introduire entre les deux séries de rubans sans fin, au point où ceux-ci se rencontrent sur le tambour d'entrée E. Aussitôt que la feuille se trouve enlacée par les rubans, les rouleaux C et D sont ramenés à leur première position, au moyen d'un contre-poids, afin de se retrouver prêts à introduire une autre feuille dans la machine. La feuille s'avançant entre les rubans sans fin, s'applique contre le drap du cylindre à impression F, et à mesure qu'elle tourne, elle rencontre la première forme des

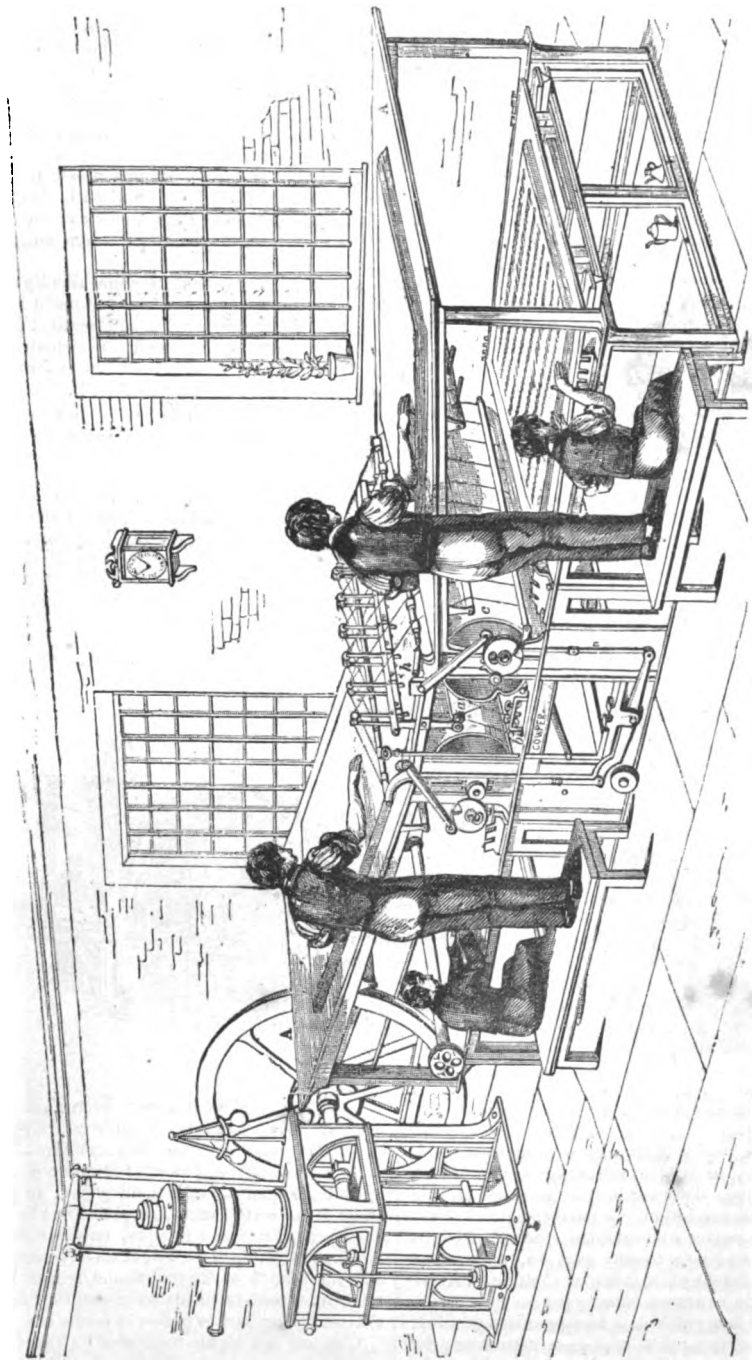
semblable à celui déjà décrit, avec addition de deux rouleaux placés au centre R, qui reçoivent de même leur encre de tables à encre. Les cylindres d'impression 1, 2, 3, 4, sont disposés de manière à s'élever et à tomber d'à peu près un demi-pouce; le premier et le troisième simultanément, de même que le second et le quatrième. La forme à types, en passant de A en B, imprime les feuilles 1 et 3, et en revenant de B en A, elle imprime 4 et 2; en même temps les cylindres tombent alternativement pour donner l'impression, et s'élèvent pour laisser passer la forme sans la toucher.

Chacune des lignes marquées *t* (fig. 1306), représente deux rubans sans fin, qui courent en contact, dans les parties indiquées, mais qui se séparent aux tambours d'entrée E, ainsi qu'aux endroits où l'on retire les feuilles o, o, o, o. Le retour des rubans au tam-

Digitized by Google

bour d'entrée n'est pas représenté dans la figure pour éviter la confusion.

Les feuilles de papier étant placées, leurs bords exactement en contact avec le tambour d'entrée, un petit rouleau, tombe à des intervalles convenables sur les bords des feuilles. Le tambour et le rouleau s'éloignent ensuite, et le premier fait descendre à l'instant même la feuille entre les rubans *t* vers le cylindre d'impression; de là, la feuille remonte jusqu'à *o, o, o, o*, où les rubans se séparent et où la feuille tombe alors entre les mains de l'enfant qui l'attend.



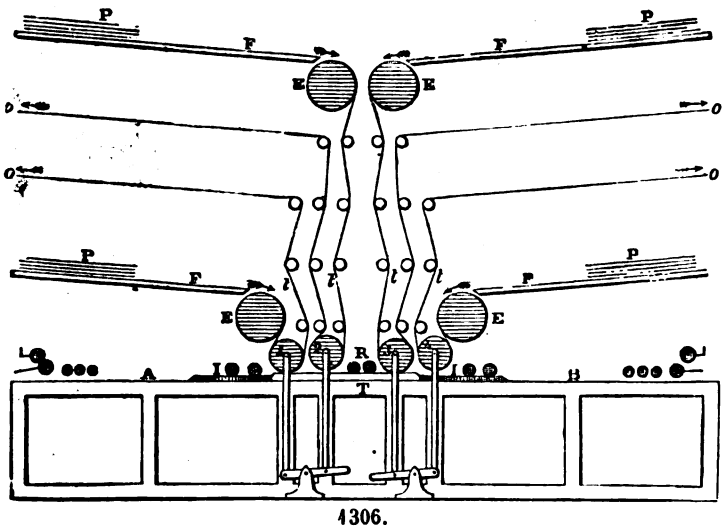
4305.

La vitesse de la machine de Kœnig, avec laquelle le *Times* fut d'abord imprimé, pouvait donner 1,800 feuilles par heure; celle d'Applegath et Cowper en donne 4,200

Digitized by Google

dans le même temps, et elle n'a cessé de fonctionner journellement depuis huit ans.

Un même genre de machines à grande vitesse a été fabriqué avec succès, pour plusieurs journaux, par M. Gaveaux fils et M. Normand, mécaniciens de Paris, bien connus pour les nombreuses presses mécaniques qu'ils ont établies à Paris. C'est sur des presses semblables que se



1306.

tirent aujourd'hui tous les journaux qui comptent grand nombre d'abonnés.

Composition mécanique. Malgré le peu de succès obtenu jusqu'à ce jour par les machines au moyen desquelles on a tenté d'obtenir la composition par procédés mécaniques, nous avons cru intéressant de nous y arrêter quelque peu, ne fût-ce que pour indiquer les limites dans lesquelles on peut tenter la solution du problème et faire voir combien les résultats se trouvent bornés par l'impossibilité qui provient de la nature même du travail, de l'effectuer d'une manière entièrement automatique.

La composition en tant que lecture du manuscrit et choix des lettres qui doivent former les mots étant une opération de l'intelligence, le rôle de la mécanique appliquée à la composition ne peut évidemment consister que dans un moyen qui abrège le temps nécessaire pour prendre la lettre dans le cassetin et la porter sur le composteur. La première idée qui a dû se présenter à l'esprit a été de chercher à lever la lettre au moyen d'un clavier, comme celui d'un piano, qui répond au problème semblable de disposer les touches sous la main de l'artiste de manière à ce qu'il puisse les mouvoir avec la plus grande rapidité. Tous les essais ont en effet pris le clavier pour point de départ, notamment celui fait par M. Ballanche, alors imprimeur à Lyon, il y a plus de vingt ans, et on comprendra aisément tout ce que cette idée a de séduisant, si l'on compte le nombre de notes que touche par heure un habile exécutant, et qui dans certains morceaux atteint peut-être 12 à 15,000. Nous verrons bientôt les raisons qui forcent à rester loin en arrière d'une telle vitesse, dans l'application du clavier à la composition. Nous commencerons par donner une idée de la machine à composer de MM. Young et Delcambre, destinée à résoudre seulement le problème de la composition par procédé mécanique.

Cette machine suppose la distribution faite par les procédés ordinaires, puis les sortes retirées des cassetins et composées sur des composteurs en bois, sorte à sorte, comme dans la fonderie, façon accessoire que nécessite ce système.

Clavier-mécanique de MM. Young et Delcambre. Cette machine à composer se compose de quatre parties principales, savoir :

1° Un clavier horizontal portant autant de touches qu'il y a de lettres (chaque touche porte l'empreinte de la lettre qu'elle doit faire mouvoir). A chacune correspond une tige verticale qui fait mouvoir horizontalement un couteau placé dans un plan supérieur, à chaque mouvement imprimé à la touche. Les voyelles et les consonnes sont placées au milieu, les autres lettres, accents, capitales, etc., sont disposés sur les côtés en rapprochant aussi du milieu les lettres les plus fines, comme le point, la virgule, afin de diminuer la longueur de la course qu'elles ont à faire sur le plateau dont nous parlons plus loin.

2° Un plan supérieur, sur lequel se meuvent les couteaux dont nous venons de parler. A gauche de chacun d'eux est une bande de cuivre presque verticale, creusée à l'intérieur. Dans ce vide se placent les caractères d'une sorte, posant sur leur frotterie, et composés tous du même sens. Chaque mouvement de touche faisant mouvoir le couteau correspondant (un peu moins épais que la lettre de la rainure voisine), une lettre sera poussée, et celle-ci tombera dans le vide qui est pratiqué à côté de l'endroit où elle posait.

3° Un grand plateau en cuivre incliné à 45° placé en avant du plan sur lequel posent les caractères. Dans ce plateau sont pratiquées autant de rainures qu'il y a de lettres, et que celles-ci traversent quand elles viennent de quitter leur composteur. Ces rainures se réunissant toujours de deux en deux successivement, viennent aboutir à une rainure unique, percée à son extrémité d'un trou par lequel vient passer la lettre pour entrer dans le composteur.

4° Un long composteur, commençant par un quart de cercle qui commence au vide dont nous venons de parler. La partie circulaire est double, afin que les lettres ne puissent tomber. Une petite roue à excentrique, placée au-dessus du vide, et qu'un enfant ou le compositeur font mouvoir au moyen d'une pédale, pousse les lettres arrivées sur le composteur, et fait avancer la composition sur la partie horizontale. A l'extrémité se trouve un compositeur qui prend la composition, en forme des lignes qu'il justifie, place les cadrats, etc.

Cette machine, construite avec grand soin, fonctionne assez bien. Son mécanisme est fort simple, et sauf quelques accidents qui arrivent à l'entrée des lettres dans le composteur, et dont la répétition résulte nécessairement du grand nombre de caractères en mouvement, remplit assez bien son but de machine à composer.

Cherchons maintenant à apprécier les avantages de cette machine.

Vitesse du travail. Dans les expériences faites en public, sur un quart d'heure de travail la machine n'a guère fait plus de 6,000 à l'heure. Cette vitesse de près de deux lettres par seconde, nous paraît celle qu'on aura en travail courant; car si le compositeur peut en

Digitized by Google

faire davantage dans un moment de travail assidu, il faut calculer sur la moyenne d'une journée de dix heures. De plus, les lettres fines qui ont peu de poids étant plus retardées par le frottement (surtout quand elles sont encrassées) que les lettres lourdes, et, descendant moins vite, il faut laisser entre chaque appel un léger intervalle pour que la plus pesante n'arrive pas avant la plus légère, quoiqu'ayant été appelée en dernier. C'est exagérer que porter le travail d'une journée de dix heures à 70,000 lettres, qui coûtent actuellement 35 fr. à 50 c. le mille.

Prix de revient. Pour que la machine fonctionne régulièrement, il faut :

Un compositeur au clavier, d'une habileté toute spéciale, dont nous estimons la journée d'un travail aussi fatigant à	7 fr.
Un justificateur fort habile.	6
Un ouvrier et un apprenti pour distribuer, et c'est le moins pour fournir 7,000 à l'heure. .	8
Deux femmes pour vider les cassetins et composer les sortes. La composition de 70,000 en fonderie coûterait au moins 3 fr. 50 c., nous compterons.	4
Une personne pour remplir les réservoirs et surveiller la descente des lettres dans ceux-ci.	3
Un enfant pour surveiller l'entrée des lettres dans le composteur, que ne voit pas le compositeur.	2
Total.	30 fr.

C'est-à-dire une économie de 1/7 en ne tenant pas compte de la correction sur le plomb qui est actuellement à la charge du compositeur, et pour laquelle il faudrait peut-être la moitié de la journée d'un ouvrier, ce qui mettrait le prix de revient à 33 fr.

Cette économie est insuffisante pour compenser le prix d'achat de la machine, les dépenses d'entretien, les chances d'un avantage nul et même de perte toutes les fois que le compositeur serait obligé de ralentir ou d'arrêter par difficulté de lire la copie, ou par un accident quelconque. Aussi depuis quelques années qu'elle a été introduite en France, n'a-t-elle pris aucun développement.

Machine à distribuer de M. Gaubert. Le projet de distribuer les caractères par l'effet d'une force mécanique et inintelligente, paraît certainement au premier abord un des plus extraordinaires qu'on puisse imaginer. L'habitude de voir l'ouvrier lire le mot, dont il partage les éléments dans les cassetins, est cause que l'on considère habituellement cette opération comme une œuvre d'intelligence ; en y réfléchissant, cependant, on conçoit qu'il est possible de distinguer les caractères, soit par leurs épaisseurs, soit par des crans, de telle sorte qu'on puisse les classer indépendamment de la lettre qu'ils représentent. C'est ainsi qu'a opéré M. Gaubert.

Les caractères provenant de la distribution étant tous rangés les uns à la suite des autres, et à plat dans les rainures d'une plaque (nous dirons plus loin comment on parvient à leur assigner cette position), entrent un à un dans un premier compartiment, que nous pourrions comparer au sas d'écluse d'un canal de navigation ; la porte d'amont s'ouvre, un caractère entre. Les dimensions de l'écluse sont réglées de façon à ce qu'un seul caractère puisse être reçu à la fois. La porte d'amont se referme, la porte d'aval s'ouvre à son tour pour le laisser descendre ; les portes manœuvrent sans cesse (par un mouvement de va-et-vient) et tous les caractères franchissent l'écluse à leur rang. Voici à quel traitement le caractère est soumis à son passage dans l'écluse : chaque caractère ainsi momentanément parqué dans le sas de l'écluse, est comme exploré dans toute sa longueur, nous pourrions dire plus exactement encore, est comme sondé dans toutes ses parties par des aiguilles verticales, que des ressorts appuient sur toute sa surface. Le caractère se trouve ainsi soumis, dans toute son étendue, à l'action des aiguilles, comme les cartons de la Jacquart, sur lesquels s'appuient de nombreuses tiges métalliques, toujours prêtes à s'engager dans les ouvertures dont ils sont convenablement percés pour opérer la levée de certains fils de chaîne et former le dessin de l'étoffe. Comme le carton, le caractère a ses ouvertures ; seulement elles ne consistent qu'en de simples encoches pratiquées sur ses flancs (des crans), elles varient en nombre et en distance entre elles pour chaque espèce de type différent. Une partie des aiguilles buttent contre la masse solide du caractère, quelques-unes tombent sur le vide des encoches et s'y enfoncent. Le nombre et la situation des aiguilles pénétrantes en assignant une position particulière à un canal mobile de raccordement entre l'écluse et les réceptacles, règle la case dans laquelle le caractère ira forcément se rendre à la sortie de l'écluse. Le problème d'une direction spéciale et certaine à donner à de nombreux caractères vers le seul réceptacle qui leur convient, tout compliqué qu'il est, se trouve cependant ainsi résolu simplement par l'action de telle ou telle aiguille, dans telle ou telle encoche.

Il ne nous reste plus qu'à expliquer comment l'inventeur parvient à disposer les lettres d'une manière convenable à leur entrée dans l'écluse.

Imaginons des masses de caractères pris et jetés au hasard sur un plan incliné, garni de petits canaux longitudinaux ; un léger mouvement de sassement suffit pour ébranler les caractères, ils se désunissent, se couchent, tombent dans les canaux, les uns parallèlement à leur direction, les autres formant avec les rigoles des angles divers. Les premiers caractères, bien engagés dès leur principe, continuent leur descente ; les autres heurtés par leurs extrémités contre des obstacles verticaux entre lesquels ils sont contraints de passer, prennent bientôt une position semblable à celle des premiers. La superposition longitudinale, et dans le sens des canaux, de plusieurs caractères tombés les uns sur les autres, peut se présenter ; elle doit être détruite : il suffit pour cela de les faire passer pendant leur descente dans une portion de canal doublement incliné, et sur le sens longitudinal et sur le sens transversal. Les rebords de cette partie sont plus bas que le plus mince des caractères ; tous ceux qui, jusque-là, ont cheminé superposés, ne pouvant éviter, en cet endroit, d'être entraînés latéralement par le seul fait de leur propre masse. Ils tombent dans un récipient spécial, d'où ils sont repris pour courir plus efficacement, une seconde fois, les chances d'un meilleur engagement dans les canaux du plan incliné.

Nous avons décrit l'opération à laquelle est soumise le caractère arrivant par le plan incliné, dans une position normale : celui-ci, reconnu de son espèce, est de suite dirigé par le canal de raccordement, vers son réservoir définitif. Il en est autrement des caractères arrêtés dans l'écluse dans une position vicieuse ; il importe de la rectifier : les aiguilles par rapport avec les crans, s'acquittent de cette fonction avec une rigoureuse fidélité ; un cran spécial, dit *cran de retournement*, est pratiqué dans tous les caractères, et à la même place. Suivant la position du caractère dans la première écluse, ce cran correspond à des aiguilles différentes ; or, le caractère peut être mal tourné de trois façons ; il peut être couché l'œil en bas sur l'un ou l'autre flanc, ou bien encore l'œil en l'air, mais sur le mauvais côté. Pour détruire chacune de ces trois fausses positions, la pénétration d'une aiguille spéciale dans chacun de ces cas particuliers fait prendre au canal de raccordement une position telle que le caractère, au lieu d'être dirigé vers son récipient définitif,

Digitized by Google

est conduit à une série de trois écluses nouvelles, toutes trois à sas mobiles, mais chacune suivant un mode particulier : le sas de la première écluse (l'écluse tout entière), tourne sur lui-même suivant un axe longitudinal ; celui de la seconde suivant un axe vertical ; le troisième pivote sur un axe transversal. Par une féconde et constante application du principe du rapport des aiguilles aux encoches, c'est le vice lui-même du caractère qui détermine le choix du sas d'écluse dans lequel il sera détruit. Le caractère versé d'un flanc sur l'autre, tourné ou culbuté bout pour bout, sort du sas rectificateur pour continuer sa descente, et aller rejoindre dans son réceptacle propre les caractères de son espèce. Il est difficile de rien trouver de plus ingénieux que ces moyens de faire prendre aux caractères une position déterminée. Néanmoins nous avouerons franchement qu'ils ne nous semblent pas suffisants. Quel est l'obstacle qui s'oppose à ce que des caractères glissent sur leur force de corps? Quelle est la cause qui fera glisser un — ou une lettre large plutôt sur un sens que sur l'autre? Comment les lettres collées ensemble se sépareront-elles ? Mais de plus est-il bien prudent de soumettre le caractère à un mouvement de sassement, qui fasse frotter l'œil de la lettre contre des parties dures, et l'usure du caractère n'en deviendra-t-elle pas bien rapide?

Il nous semble qu'on est parti d'un principe trop général en voulant distribuer le caractère mis en pâte. Ce n'est pas ainsi qu'il se trouve dans l'imprimerie, mais bien à l'état de composition devenue inutile par le tirage, et par conséquent tous les crans tournés du même côté. Ne serait-il pas possible, en rangeant les lignes de la distribution dans la rainure d'une longue règle dans laquelle une pression les ferait avancer, de faire successivement tomber chaque lettre qui vient se présenter à l'extrémité de ce composteur par une pression exercée sur le côté. De cette manière les caractères se trouveraient de suite bien disposés, et toujours séparés; ce qu'on n'obtiendra jamais sans un certain effort pour vaincre l'adhérence qui réunit toujours plusieurs lettres après le lavage de la forme.

Prix de revient du travail fait avec cette machine. Cherchons à évaluer approximativement les résultats probables de la réunion de cette machine avec la précédente.

Evaluant à 70,000 lettres le travail de la machine en dix heures de travail, il faut pour le travail :

Un compositeur au clavier, d'une habileté spéciale, par jour.	7 fr.
Un justificateur fort habile pouvant relever l'ouvrier qui est au clavier. . .	6 fr.
Un apprenti qui place la distribution sur le plan incliné, ôte les cadrats, les interlignes.	3 fr.
Une personne intelligente qui surveille la descente des lettres, fait arrêter dès qu'un dérangement a lieu, ce que ne pourrait faire le compositeur sans perdre beaucoup de temps.	4 fr.
Correction nécessaire pour les erreurs commises, soit par le compositeur, soit par la machine, 1/2 journée.	3 fr.
Force motrice nécessaire à un homme pour deux machines.	1 fr. 50 c.
Augmentation du prix des fontes résultant de la nécessité de faire les crans, évaluée (autant qu'il est possible) au plus bas, à	1 fr. 50 c.
Total.	26 fr.

C'est donc une économie de 1/4 environ, qui serait assez notable, en admettant, bien entendu, que son travail sera régulier, et exempt d'accidents et de dérangements fréquents, car ce n'est que de ce jour-là que la machine existera, commercialement parlant, et cette machine, comme nous l'avons dit, n'a pu encore être amenée à cet état; la multiplicité des éléments sur lesquels il faut agir doit bien faire douter qu'il soit possible d'y parvenir.

IMPRIMERIE EN TAILLE-DOUCE. Ce genre d'imprimerie a pour but de tirer des épreuves des planches gravées en creux, au moyen des procédés que nous avons indiqués à l'article GRAVURE *en taille-douce*. Ce résultat est obtenu par deux opérations qui consistent, 1° à remplir de noir les tailles de la planche, à encrer; 2° à exercer une pression sur la feuille de papier placée sur la planche, à la faire passer sous une presse.

1° *Encrage de la planche.* Nous n'avons plus à revenir ici sur la composition de l'encre propre à la taille-douce, que nous avons décrite à l'article ENCRE.

On distingue deux procédés pour encrer, au chiffon et à la main.

2° *Encrage au chiffon.* Pour déposer l'encre sur la planche et la faire pénétrer dans les tailles, on se sert d'un tampon fait avec des linges enroulés les uns autour des autres. On le promène sur la planche, après l'avoir garni d'encre, en appuyant assez fortement sur les tailles, et balançant constamment la main de gauche à droite et de droite à gauche.

Pour les parties où les travaux sont larges et profonds, il convient de faire pénétrer pour les premières épreuves l'encre avec le doigt pour qu'elle arrive bien au fond.

L'encre étant d'autant plus ferme que le tirage doit être plus parfait, on facilite le *bourrage* de la planche, en la posant sur un gril posé au-dessus d'un fourneau contenant du poussier de charbon, qui donne un feu doux qui chauffe la planche.

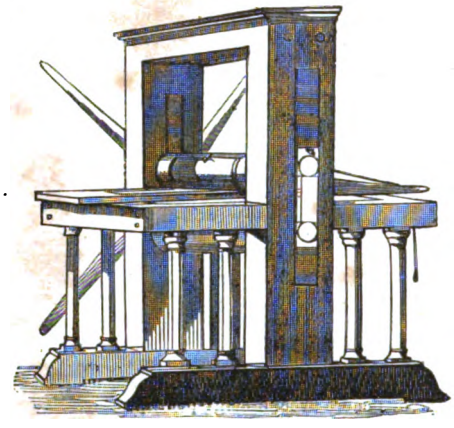
La planche étant ainsi couverte d'encre, il faut essuyer toutes les parties qui doivent rester blanches sur l'épreuve, pour qu'il ne reste d'encre que dans les tailles. Pour cela, avec un premier chiffon à moitié sale, que l'on passe légèrement sur la planche, on enlève la majeure partie du noir; puis avec un chiffon demi-gras, on essuie les bords, en appuyant et promenant franchement le chiffon d'une extrémité à l'autre de la planche. On ôte celle-ci de dessus le gril, et on la place sur la boîte d'essuie. On jette alors sur la planche quelques gouttes d'eau, dans laquelle on a dissous un peu de potasse et de chaux, et prenant deux chiffons légèrement humides, le premier déjà un peu sale, le second propre, on essuie successivement avec ces deux chiffons la surface de la planche. Il faut bien remarquer que l'imprimeur ne doit jamais essuyer dans le sens des tailles, mais bien transversalement; pour ne pas *dépouiller* celles-ci, ne pas enlever le noir.

3° *Encrage à la main.* L'encrage à la main est employé surtout pour les gravures très soignées, et pour lesquelles par suite on emploie de l'encre forte; on applique celle-ci avec le doigt sur les principaux travaux. On l'étale ensuite avec le tampon. Cela fait, on essuie les bords et on dégrossit avec un chiffon sec, puis, avec une poignée de mousseline sale on éclaircit les blancs. Cela fait, on passe la paume de la main par un mouvement brusque et on enlève ainsi l'encre qui reste sur les plats, avec une grande perfection, en *coupant* franchement l'encre qui se trouve dans les tailles. On a soin d'avoir toujours la main sèche en l'essuyant avec un chiffon et la dégraissant en la passant sur un pain de blanc d'Espagne.

Du tirage. La figure 1307 représente la presse en taille-douce. On voit qu'elle se compose essentiellement de deux rouleaux en bois, entre lesquels passe une table également en bois. Ces deux rouleaux étant plus ou moins rapprochés au moyon de cales placées

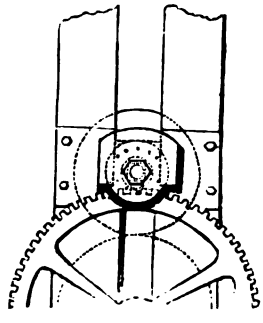
Digitized by Google

dans les rainures des deux montants de la presse, renfermant les boîtes dans lesquelles tournent les tourillons, donneront une pression plus ou moins considérable sur la table. Plaçant donc sur celle-ci la planche gravée après l'avoir encrée, plaçant dessus le papier



1307.

humecté, et par-dessus plusieurs langes pour donner du foulage, l'impression s'obtiendra en faisant passer le tout entre les rouleaux, au moyen des bras de la *croisée* assemblée à l'extrémité du rouleau supérieur.



1308.

La fig. 1308 représente la disposition employée pour faire mouvoir les rouleaux sous une pression beaucoup plus forte à l'aide d'un engrenage. Ce genre de presse est dite *presse mécanique*.

INCENDIE. Les feux les plus communs sont ceux qui ont lieu dans les tuyaux de cheminées, où il s'est formé une accumulation de suie par suite d'un ramonage trop peu fréquemment répété.

Lorsque le feu se manifeste dans une cheminée, si elle est munie inférieurement d'une trappe, on baisse immédiatement celle-ci pour intercepter la communication de l'air, ce qui suffit souvent pour arrêter l'incendie. S'il n'y a pas de trappe, on retire du foyer le feu qui s'y trouve, et on ferme aussi bien que possible l'ouverture de la cheminée avec un drap mouillé. Quelquefois, au lieu d'enlever le feu, on l'étale dans le foyer, on jette dessus une certaine quantité de soufre, en fermant aussitôt après la partie antérieure de la cheminée. Le soufre brûle en absorbant de l'oxygène et formant de l'acide sulfureux, qui éteint le corps en combustion.

Quand l'incendie est très intense, et qu'il est urgent de détacher toute la suie enflammée, on place un drap mouillé sur l'ouverture de la cheminée, de manière qu'il pende tout autour ; on l'assujettit sur la tablette avec des corps pesants ; et le saisissant au milieu avec la main, on l'enfonce profondément, et on le retire avec vivacité. On produit ainsi une aspiration qui fait tomber une grande quantité de matières en combustion, que l'on éteint avec de l'eau, et qu'on retire du foyer, et l'on recommence la même manœuvre autant de fois qu'il est nécessaire.

Lorsqu'il est nécessaire de faire parvenir de l'eau sur des parties élevées d'un édifice, ou d'inonder des murs, etc., pour éviter que l'incendie ne s'y développe, on se sert de POMPES dites *à incendie*, qui doivent être simples, d'une manœuvre et d'un transport facile, et à jet continu, ce que l'on obtient facilement au moyen d'un réservoir à air comprimé.

Lorsqu'un puits, une borne-fontaine, ou tout autre réservoir d'eau est voisin, on alimente la pompe, en y adaptant un tuyau qui plonge jusqu'au dessous du niveau de l'eau. Dans le cas contraire, on apporte l'eau, en faisant la chaîne, dans des seaux en osier doublés en cuir ou en toile goudronnée, ou fait avec un tissu de corde de chanvre très serré, et on la verse dans la bâche d'alimentation.

L'eau doit pouvoir être lancée dans toutes les directions, et conduite sur tous les points où son action devient nécessaire. On y parvient, en adaptant à la pompe des boyaux de 5 à 6 centimètres de diamètre, et d'une longueur convenable : ces boyaux se font ordinairement en cuir cousu avec du fil de cuivre. On les forme de bouts munis à l'une de leurs extrémités d'un pas de vis extérieur, et à l'autre d'une douille à vis, qui s'ajustent facilement et avec rapidité, Enfin, à l'extrémité des boyaux, on adapte un ajustage conique, par le moyen duquel on dirige l'eau sur tous les points nécessaires avec une force de 4 atmosphères environ.

Nous terminerons cet article, en disant un mot des moyens de sauvetage employés à Paris : ce sont d'abord des échelles en frêne de 4 mètres de longueur, à douze échelons, se repliant par moitié pour le transport, et portant à leur partie supérieure un demi-cercle en fer, qui puisse embrasser la tablette des fenêtres et s'y fixer solidement. Quand il s'agit de porter secours à des individus placés à la partie supérieure d'un édifice, ou d'en enlever des objets quelconques, le sapeur-pompier fixe son échelle sur la pierre d'appui de la fenêtre du premier étage, en brisant la vitre au moyen de l'arc en fer, si la croisée n'est pas ouverte, et s'en sert pour s'élever à cette hauteur; il arrive successivement de la même manière jusqu'aux étages supérieurs. Arrivé au point où doit avoir lieu le sauvetage, il y élève l'appareil de sauvetage proprement dit, qui se compose d'un sac en forte toile de 16 mètres de longueur et de 0m,50 de diamètre, qui porte à sa partie supérieure un châssis formé de quatre fortes barres de bois servant à en tenir l'entrée ouverte ; deux de ces barres sont plus longues que les autres, et peuvent se rapprocher pour le transport. La partie inférieure du sac est fermée par une coulisse, et peut s'ouvrir à volonté. Un petit cordage est fixé au châssis, Quand le pompier est arrivé à la fenêtre où le sauvetage doit avoir lieu, il attire à lui le châssis, pose les deux grandes barres en travers de l'embrasure, et les fixe en arrêtant la courroie qui y est attachée. Il introduit alors dans le sac les individus qu'il s'agit de sauver, et que l'on fait sortir en desserrant la coulisse

Digitized by Google

inférieure; le frottement qui s'exerce par le passage dans l'intérieur du sac, pourvu qu'on écarte un peu les coudes, suffit pour modérer la descente. On descend de même les objets dont le volume permet de les introduire dans le sac. Enfin, deux hommes placés sur le sol soulèvent l'extrémité inférieure du sac pour prévenir le choc auquel pourraient sans cela être exposés les individus ou les objets qui y parviennent.

INCRUSTATIONS. Une incrustation, c'est un dépôt qui en s'effectuant sur un corps se moule parfaitement sur lui et y adhère fortement. Pour que ce dépôt, cette incrustation se produise, il faut que le corps incrusté ait été en contact avec un liquide, et que ce liquide, soumis à certaines influences, ait abandonné ou laissé précipiter une substance solide qu'il tenait auparavant en dissolution.

Comme on le voit, les cas d'incrustation peuvent être très nombreux; mais nous n'allons nous arrêter qu'à ceux qui présentent le plus d'intérêt, et qui sont produits par l'eau telle que la nature nous la fournit, et qui alimente, soit les fontaines naturelles, soit les puits.

Tout le monde sait que les eaux qui alimentent les puits et les fontaines renferment plus ou moins de matières salines, dont la quantité et la nature dépendent évidemment des terrains qu'elles ont rencontrés sur leur passage, et à travers lesquels elles ont filtré. Ces matieres sont, en général, du carbonate (1) et du sulfate de chaux pour la plus grande quantité, les sels correspondants de magnésie en quantité moindre, des chlorures de sodium (sel marin), de calcium et de magnésium, et du carbonate de fer. On sait aussi que les carbonates ne sont solubles dans l'eau qu'à la faveur de l'acide carbonique qu'elle renferme en plus ou moins grande quantité, suivant les conditions dans lesquelles elle se trouve. Si, par une cause quelconque, telle que l'agitation, la diminution de pression, l'élévation de température, ou même le seul contact de l'air par le passage de l'eau sur des feuilles, des plantes, du bois, cet acide carbonique se dégage, le carbonate de chaux, devenu alors insoluble, se dépose. Quant aux autres sels, les sulfates et les chlorures, il faut une évaporation prolongée pour que le dépôt se produise, car l'eau est loin d'en être saturée.

C'est par ces principes que s'expliquent très facilement les phénomènes si curieux et si intéressants des fontaines incrustantes, parmi lesquelles nous devons citer celle de Saint-Alyre, près de Clermont-Ferrand; celle de Saint-Nectaire, en Auvergne; celle de San-Felippe, en Toscane; et celle d'Orcher, près du Havre.

On a tiré parti de la propriété incrustante de ces eaux qui sont, pour ainsi dire, saturées de carbonate de chaux, pour mouler toute espèce d'objets et imiter des pétrifications. Ainsi, près de la fontaine de Saint-Alyre on incruste des grappes de raisin, des corbeilles de fleurs, des nids d'oiseaux; on fait des matrices de médailles qu'on peut ainsi reproduire en carbonate de chaux légèrement ferrugineux, tout cela pour satisfaire et amuser la curiosité des voyageurs.

La fontaine de Saint-Alyre doit surtout sa réputation à ce que l'ancienne source a formé un dépôt, qui, en se prolongeant successivement, a jeté sur le petit ruisseau où ses eaux viennent se rendre un pont naturel d'un admirable effet, et qu'on dirait construit par la main des hommes; le dépôt qui précède le pont est une muraille énorme de 80 mètres de long sur une hauteur de 6 à 7 mètres.

Les grands dépôts formés à la surface de la terre dans toute espèce de position, se nomment *tufs calcaires*, ou *travertins*, du mot italien *travertino*.

Si nous supposons à la partie supérieure d'une grotte ou caverne, des fissures par lesquelles s'infiltrent des eaux saturées de carbonate de chaux, des gouttes de cette dissolution calcaire s'attacheront à la voûte interne, l'acide carbonique se dégagera, l'eau même pourra s'évaporer, tandis que le sel de chaux restera fixé. Cette filtration se renouvelant à chaque instant finira par produire des cônes renversés, dont la base est fixée au plafond; et si enfin le poids de l'eau qui s'écoule est trop considérable, elle tombera sur le sol pour former un cône en sens inverse du premier; après quelques siècles les extrémités de ces cônes se toucheront pour former des colonnes d'une hauteur vraiment remarquable; le milieu des colonnes, le point de jonction des deux cônes présente une transparence complete; on imagine du reste facilement que la forme des dépôts ainsi produits puisse varier avec différentes circonstances, qu'au lieu de cônes il se produise des cylindres et des tubes. Quelquefois, les colonnes se liant aux *stalactites* (1) plus courtes forment des espèces de portiques par lesquels la caverne se trouve partagée en plusieurs salles. Ces dépôts donnent aux grottes des terrains calcaires un intérêt particulier qui pique singulièrement la curiosité. Elles offrent toujours un spectacle imposant, relevé souvent par tout ce que l'imagination peut y ajouter, et tout ce que la crédulité superstitieuse a suggéré aux gens du pays qui servent de conducteurs. Plusieurs grottes ont, sous ce rapport, une grande célébrité : telles sont celles d'Antiparos où Tournefort crut voir les pierres végéter à la manière des plantes; celles d'Auxelle en Franche-Comté; de Pool's-Hole en Derbyshire; de Caumont près Rouen; on voit aussi une de ces grottes à Albert (Somme).

Le carbonate de fer contenu dans les eaux à la faveur de l'acide carbonique se dépose aussi dans les tuyaux de conduite, et il y a, dit-on, engorgement total tous les quinze ans environ, pour des tuyaux de fonte, de 4 centimètres de diamètre; outre le départ de l'acide carbonique, on peut signaler à ce dépôt une autre cause, c'est une action électrique qui se développe aux points de contact des deux métaux hétérogènes, et cette hétérogénité peut très bien se présenter dans les tuyaux de fonte. Il est nécessaire d'ajouter que cette opinion n'est pas unanimement adoptée. M. Mary, ingénieur en chef du service municipal de Paris, pense que les oxydations tuberculeuses des tuyaux correspondent aux soufflures qui se trouvent dans la fonte. Il a remarqué aussi, qu'arrivés à un certain point de développement, ces tubercules n'augmentent plus. Ainsi, d'après lui, les conduites d'eau de la ville de Grenoble ne débitent pas aujourd'hui moins qu'il y a dix ans, époque à laquelle on s'est aperçu, par la diminution du débit, de la formation des tubercules, qu'on craignait de voir obstruer bientôt entièrement les tuyaux.

D'après cette opinion de M. Mary, que ses fonctions ont mis à même de vérifier souvent le fait, le développement d'électricité serait dû à l'oxydation plus active en certains endroits des tuyaux qu'en d'autres. On sait, en effet, que l'oxyde au contact du métal forme un couple galvanique. C'est une explication que nous proposons sous toutes réserves.

Divers moyens ont été indiqués pour remédier à cet inconvénient, qui peut avoir, et qui a eu, en effet, des conséquences très importantes pour la distribution de l'eau dans les villes.

Les uns sont curatifs. M. Mary pense qu'en faisant rouler une boule de fer garnie d'aspérités dans les tuyaux, partie par partie, en donnant alors à l'eau une vitesse d'écoulement plus grande que celle ordinaire, on

(1) Nous ne parlons pas des eaux minérales.

(1) On appelle *stalactites* (du grec *staladro*, tomber goutte à goutte) les dépôts qui se forment à la partie supérieure des cavités, et *stalagmites* ceux produits par les gouttes qui tombent sur le sol.

Digitized by Google

arriverait à détacher assez facilement les oxydations tuberculeuses qui n'ont qu'une très faible consistance et sont très friables.

Un autre moyen consisterait à faire passer de l'acide hydro-chlorique dans les tuyaux pour dissoudre le carbonate de fer qui se trouve dans les tubercules (1). Il est très probable que ce lavage des tuyaux conduirait au but proposé, mais l'acide attaquerait la fonte.

Les autres sont préservatifs, ils doivent autant que possible être employés de préférence. Nous allons les énumérer rapidement.

On a conseillé de verser dans l'eau, avant son introduction dans les conduites, une quantité de chaux suffisante pour saturer l'acide carbonique, faire déposer le carbonate de fer et prévenir par là la formation des tubercules. Ce moyen simple, en théorie, n'est guère praticable. En effet, il faudrait d'abord, que la quantité de chaux nécessaire pour la précipitation du carbonate de fer fût bien calculée à l'avance, car un excédant de cet alcali resterait en dissolution dans l'eau, qui, destinée à l'alimentation d'une ville, deviendrait alors impropre aux besoins domestiques à cause de sa saveur insupportable. De plus, le précipité produit dans l'eau, par l'addition de la chaux, devrait aussi être entièrement déposé avant l'introduction de l'eau dans les tuyaux, afin que cette eau ne fût pas louche ou laiteuse.

Ce moyen donc ne présente en somme aucun avantage bien marqué, et nous ne sachions qu'il ait jamais été employé; un autre moyen proposé assez récemment par M. Mary, et appliqué par lui aux tuyaux de distribution des eaux de la ville d'Amiens, nous paraît bien préférable.

Ce procédé consiste à tremper les tuyaux de fonte lorsqu'ils ont été essayés à la presse hydraulique dans un bain d'huile de lin lithargirée et de cire jaune (2), porté à la température de 100 à 150°, et à les y laisser immergés jusqu'à ce qu'ils aient acquis sa température. L'eau, dont la surface de ces tuyaux pouvait être imprégnée ainsi que celle logée dans les pores de la fonte, se vaporise nécessairement à cette température, de sorte que les corps gras pénètrent jusqu'à un certain point la substance du tuyau, et les deux surfaces se trouvent recouvertes d'un vernis gras qui ne tarde pas à sécher au contact de l'air. De cette manière la surface extérieure du tuyau est préservée de l'oxydation ordinaire, et la surface intérieure de l'oxydation tuberculaire.

Ce moyen, proposé par M. Mary, nous paraît devoir être très efficace; outre cet avantage, il a celui d'être peu coûteux; en effet, d'après l'adjudication faite à Amiens, pour l'entreprise de la distribution des eaux, le prix moyen (eu égard aux divers diamètres des tuyaux) ne s'est élevé qu'à 23 ou 24 centimes par mètre courant.

Nous avons cependant entendu exprimer la crainte que cet enduit gras ne s'oppose à la jonction bien hermétique des tuyaux, jonction qui se fait en matant du plomb. On dit que ce vernis remplissant jusqu'à un certain point les cavités que la fonte présente à sa surface, le plomb ne pourra plus alors faire, pour ainsi dire, corps avec la fonte.

L'emploi des tuyaux de verre a été aussi proposé et adopté, je le pense du moins, dans quelques villes assez rapprochées des verreries alimentaires; la nature de ces tuyaux s'oppose évidemment à la formation des tubercules ferrugineux; cette remarque peut s'appliquer aux tuyaux de grès (3), et très probablement aussi aux tuyaux Chameroy, qui, pour les grandes dimensions, présentent sur les tuyaux de fonte une économie de 30 à 40 p. 100.

Occupons-nous maintenant des dépôts et incrustations qui se forment dans les chaudières à vapeur. Nous n'avons pas besoin de rénumérer ici les divers sels calcaires ou autres existant dans les eaux; disons seulement que par l'ébullition de l'eau, l'acide carbonique se dégage et les carbonates se précipitent presque aussitôt; les autres sels ne se déposent qu'après une ébullition prolongée, car l'eau est loin d'être saturée.

Le dépôt des sels calcaires (nous disons calcaires, les sels de chaux en constituant la plus grande partie) forme, pour ainsi dire, corps avec la chaudière sur les parois de laquelle il se moule et s'incruste. Les inconvénients qu'il présente sont graves : d'abord, il empêche le passage du calorique dont il est très mauvais conducteur, de là perte notable de combustible ; de plus, les parois de la chaudière n'étant plus sans cesse humectées par le contact de l'eau, peuvent rougir assez facilement, de sorte que si une fissure s'opère dans la croûte calcaire incrustante, par le fait même de la haute chaleur, et que l'eau, à une température bien plus basse que le métal, vienne à le toucher, elle peut le faire éclater; enfin, en rougissant, le fer des parois brûle assez rapidement.

Les morceaux de calcaires incrustés et détachés d'une chaudière se montrent formés de couches parallèles superposées, bien nettes et bien tranchées, variant d'épaisseur et souvent aussi de couleur. M. Kuhlmann, pense que la couche ne s'incruste qu'aux moments de repos, la nuit par exemple, et que pendant l'ébullition le dépôt reste en suspension.

Ce n'est pas seulement dans la chaudière même que se forment les incrustations, les tuyaux d'alimentation de la chaudière en sont quelquefois obstrués. Nous en avons vu dont le diamètre, de 3 centimètres, était réduit, pour la partie plongeant dans la chaudière, à 5 millimètres au plus après une marche de deux à trois mois. Quinze jours ou un mois de plus de marche produisaient une obstruction complète qui aurait pu être la source d'accidents plus ou moins graves. Ce fait d'incrustation dans un tuyau d'alimentation n'a rien qui doive étonner; voici comment nous l'expliquons : la portion du tuyau d'alimentation plongeant dans la chaudière participe à la température de l'eau qui s'y trouve; l'eau donc qui y séjourne, quand la pompe alimentaire ne marche pas, l'eau qui est bouillante doit laisser déposer le carbonate de chaux qu'elle renferme; de là l'incrustation en question.

Ce n'est pas tout, ces dépôts et incrustations se forment aussi dans les condenseurs des machines à vapeur (bien entendu quand elles sont à condensation), et dans tout condenseur ou de l'eau froide est en contact avec la vapeur surtout sous l'influence du vide; et l'expérience est encore la même que tout à l'heure, avec cette différence qu'ici l'eau n'est plus bouillante, mais que le départ de l'acide carbonique est déterminé plus encore par l'aspiration de la pompe à air que par l'élévation de la température due à la condensation de la vapeur. Nous avons vu des condenseurs *littéralement* obstrués par ce fait d'incrustation, et nous relaterons en particulier ce qui s'est passé dans la raffinerie de sucre de MM. Jacquemin et compagnie, à Saint-Quentin, il y a sept ans, à peu près. Cette raffinerie possède un appareil de Pelletan, à cuire dans le vide, appareil muni d'un condenseur, mais différent par sa disposition du

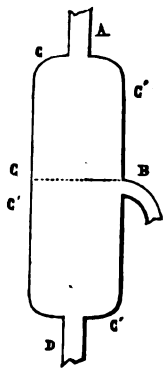
(1) Je suppose, à tort ou à raison, que les tubercules ne contiennent que du fer carbonaté; du reste, s'il n'en était pas ainsi, l'acide ne ferait que peu ou pas d'effet.

(2) On pourrait peut-être, ce nous semble, remplacer la cire jaune par de l'acide stéarique.

(3) Les tuyaux de grès vernissés, et par conséquent dépourvus de porosité, pourraient être employés, au point de vue de la faible dépense qu'ils occasionnent, avec beaucoup d'avantage, car ils sont quatre fois moins chers que ceux de fonte. Les jonctions pour les conduites d'eau pourraient admettre la présence dans le lut d'un mastic bitumineux qui empêcherait toute fuite.

Digitized by Google

condenseur des machines à vapeur. Qu'on se figure un cylindre en métal CC C' C' (fig. 1309), dans la partie supérieure duquel arrive à chaque instant, par le tuyau A, une grande quantité d'eau froide élevée au moyen de pompes foulantes ; vers la partie supérieure se trouve le tuyau B d'arrivée de la vapeur à condenser, et à la partie inférieure le tuyau D d'écoulement d'eau de condensation, écoulement qui s'effectue spontanément ; le condenseur étant placé à 10 mètres au moins au-dessus d'un baquet qui sert de cuvette à ce véritable tube barométrique, rempli continuellement d'eau au lieu de mercure. Il arriva, quelques années après la mise en train de l'appareil, que le tuyau A s'obstrua ; on ouvrit le condenseur pour trouver la cause de cette obstruction, et on trouva la partie supérieure C C C B, tapissée d'incrustations de carbonate de chaux ferrugineux, de 3 centimètres au moins d'épaisseur ; quelques fragments détachés de ces incrustations étaient tombés dans le tuyau D qu'ils avaient obstrué.



1309.

Parmi les faits remarquables d'incrustation, citons-en encore un, n'ayant d'ailleurs que l'embarras du choix. Dans une des filatures de MM. Cambronne frères, à Saint-Quentin, se trouve une machine à vapeur de Cavé, à cylindre oscillant et sans condensation, de la force de 16 chevaux. Ce moteur possède deux générateurs, au milieu desquels se trouve un réservoir cylindrique, plus petit qu'un bouilleur où l'eau d'alimentation va se chauffer, avant d'être introduite dans les chaudières qu'il n'est pas convenable d'alimenter avec de l'eau froide. Ce tube, ou réservoir, remplissait son emploi depuis plusieurs années, sans avoir été nettoyé, ou du moins sensiblement, vu son petit diamètre qui ne permet pas, même à un enfant, d'y entrer, quand un matin on le trouva exactement plein de calcaire, et force fut d'arrêter la machine pour établir un nouveau mode d'alimentation, en attendant la désincrustation du réservoir en question.

Ce n'est pas tout encore pour ces incrustations, si désagréables sous tous les rapports. Les cylindres eux-mêmes des machines à vapeur en sont quelquefois garnis, et ces dépôts sont produits, soit par la vaporisation de l'eau, qui est entraînée jusque-là par la vapeur, soit par l'agglomération des poussières calcaires en suspension dans le générateur, et que la vapeur emporte avec elle. A plus forte raison, les dépôts calcaires pénétreront dans les tuyaux de chauffage, dans les conduits de vapeur de la chaudière à la machine, sous les soupapes, partout enfin où la vapeur circule, et il n'est pas rare de voir les tiroirs des boîtes de distribution encrassés de ces dépôts, et quelquefois rodés, usés par les particules calcaires les plus dures.

Comme on le voit, les inconvénients sont graves. Depuis longtemps, on a proposé divers moyens pour y remédier ; d'abord on a songé à enlever ces dépôts plus ou moins souvent, suivant la richesse saline des eaux d'alimentation, et il en a déjà été question à l'article *Chaudières à vapeur*. Le plus souvent, quand on n'emploie pas de moyens préservateurs d'incrustations, on fait usage de burins, pour enlever la couche de dépôts incrustés. Mais, ce burinage attaque toujours plus ou moins le métal, il prend beaucoup de temps ; il est de plus très incommode pour les ouvriers forcés d'entrer dans les chaudières encore très chaudes, et d'y travailler dans une position gênante. Quelquefois aussi, mais très rarement cependant, on attaque le dépôt calcaire par de l'acide hydro-chlorique (muriatique du commerce), qui dissout les carbonates, s'il est employé en quantité suffisante, et désagrége la croûte adhérente aux parois. Nous ne considérons pas ce moyen comme applicable avantageusement dans une usine. Il est très coûteux, assez lent, et demande des soins assidus de la part d'ouvriers non habitués aux manipulations chimiques. Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ces moyens de nettoyer les chaudières, car il est bien plus simple, plus rationnel et plus avantageux de s'opposer à la formation des dépôts qui s'incrustent et changent, pour ainsi dire, les chaudières en carrières de pierres calcaires.

Plusieurs procédés ont été proposés pour arriver à ce but, pour rendre les incrustations nulles ou moins abondantes ; nous allons les énumérer et discuter leur efficacité.

Un des plus anciens consiste à établir sur la chaudière un tube de 4 centimètres de diamètre, muni d'un robinet, jusqu'au dehors de la chambre de la chaudière. Ce tube pénètre dans le générateur et va, en se bifurquant, plonger jusque dans les bouilleurs. Lorsque le feu est arrêté, depuis une demi-heure à peu près, on ouvre le robinet du tube en question ; la pression intérieure chasse avec violence au dehors toute la portion d'eau qui se trouve au bout du tuyau plongeur, et celle-ci entraîne avec elle les dépôts qui se sont rassemblés au fond des bouilleurs. En renouvelant cette opération facile une fois par semaine, on réduit de beaucoup la quantité de dépôt formé entre deux nettoyages. Ce moyen n'est pas, rigoureusement parlant, un préservatif contre les incrustations, qu'il a seulement pour but et pour effet de rendre moins fortes

Le hasard indiqua, en 1820, à un chauffeur anglais, un moyen bien simple d'empêcher les incrustations. Après avoir vidé sa chaudière, il y avait placé, pendant qu'elle était encore bien chaude, des pommes de terre pour les faire cuire ; mais il les oublia, et elles restèrent dans le générateur quand on remit en marche. Quand, après le laps de temps d'habitude, il arrêta la chaudière pour enlever le dépôt calcaire, il le trouva remplacé par un liquide très épais et boueux. Il se rappela alors les pommes de terre laissées dans l'appareil, et leur attribua ce résultat si remarquable ; l'expérience qu'il répéta plusieurs fois vint confirmer son opinion. Depuis cette époque, on a employé ce procédé dans beaucoup d'usines anglaises ; on met dans une chaudière, qui doit être nettoyée tous les mois, un litre de pommes de terre par force de cheval. Par l'ébullition prolongée, à une température qui varie suivant la pression, sous laquelle travaille le générateur, mais qui dépasse toujours 100 degrés, la fécule contenue dans les pommes de terre se transforme très probablement en dextrine, qui lubréfie les surfaces de la chaudière et des particules des sels calcaires devenus insolubles, empêche leur adhérence et la formation des croûtes incrustantes. Toutes les matières amylacées produiraient évidemment le même effet. Ce moyen présente un inconvénient, d'après les observations de plusieurs ingénieurs. Les matières amylacées par leur transformation en dextrine donnent à l'eau de la chaudière une certaine viscosité qui la dispose à monter dans les tuyaux de sortie de vapeur, et jusque dans les cylindres. M. Grouvelle dit avoir examiné l'eau d'une chaudière qui avait marché le temps voulu avec des pommes de terre, et avoir trouvé l'eau bien limpide et pas plus dense que l'eau distillée. Je ne pense pas que le fait remarqué par M. Grouvelle contredise l'observation ci-dessus. En effet, la dextrine formée diminue à fur et à mesure de la précipitation des matières salines dont elle lubréfie les surfaces, et doit avoir été complètement absorbée lorsqu'on vide la chaudière.

Digitized by Google

Un troisième procédé qui paraît avoir été employé en Angleterre avec quelque succès, est celui d'Antony Scott, qui consiste à placer dans l'eau du générateur un vase de bois ou d'étain suspendu, plus étroit à l'entrée qu'au fond. Une bonne partie des dépôts qui se forment dans la chaudière sont renvoyés, par l'ébullition, dans le vase, d'où on les enlève, soit en ouvrant la chaudière pour la nettoyer, soit au moyen du tube plongeur déjà décrit, que l'on fait descendre dans le fond de ce vase, pour en chasser le dépôt par la pression de la vapeur. Ce procédé ne nous semble qu'une application, pour les chaudières à vapeur, de ce qu'on fait depuis longtemps pour éviter les dépôts boueux dans les chaudières, où on concentre les eaux de lavage des plâtras dans la fabrication du salpêtre.

Pour empêcher les incrustations, on frotte quelquefois aussi l'intérieur des tubes bouilleurs et de la chaudière avec une mixtion de graisse et de mine de plomb. Ce moyen, qui a pour but d'interposer entre les parois de la chaudière et le dépôt qui se forme une matière sur laquelle il ne puisse adhérer fortement, et qui est encore une lubréfaction de surfaces, ne réussit point partout, et assez incomplétement d'ailleurs. Les différences dans les résultats obtenus proviennent, probablement, des doses différentes de plombagine, et des corps gras employés, et aussi de la manière dont la mixtion est appliquée sur les parois. La friction ne peut s'exécuter qu'avec une grande difficulté dans les tubes bouilleurs, et nécessite un chômage de deux jours, quand on n'a pas de chaudière de rechange ; car il faut laisser refroidir convenablement, pour qu'un ouvrier puisse aller opérer ce travail.

On dit aussi que les matières gélatineuses préviennent assez bien les incrustations, et qu'on obtient en Angleterre des résultats satisfaisants. Ces matières doivent nécessairement agir comme les substances amylacées, toujours en lubréfiant les surfaces de contact.

Cette manière d'agir doit être aussi attribuée, à mon avis, à la couche d'huile ou de suif d'un centimètre d'épaisseur, qu'on a conseillé, assez récemment, de placer au-dessus de l'eau dans la chaudière ; seulement, je ne sais pas si ce dernier moyen a produit de bons résultats ; pour admettre son efficacité, il faut admettre aussi que les parties salines précipitées par le fait de l'ébullition viennent se baigner et se lubréfier dans la couche d'huile, ce qui n'est pas d'ailleurs impossible.

En 1824, M. Pelouze père conseilla de placer dans les chaudières de l'argile bien délayée. Ce moyen avait été peu connu jusqu'en 1836, lorsque M. Chaix, de l'île Maurice, vint le signaler de nouveau avec une plus grande publicité. Plusieurs expériences de ce procédé ont été faites sous les auspices de la Société d'Encouragement, à laquelle M. Payen a fait un rapport favorable pour les résultats obtenus. On l'a aussi essayé sur les paquebots à vapeur, pour empêcher l'incrustation des dépôts de sel marin, et on s'en est bien trouvé. La quantité d'argile employée doit être de 1 kil. environ, par force de cheval, avec l'eau de la mer. Elle ne conserve pas sa puissance pendant plus de 15 jours de service actif, d'après M. Grouvelle ; il faut donc la renouveler fréquemment. De plus, l'argile délayée ne doit être jetée dans la chaudière qu'au moment où l'ébullition va commencer ; car, sans cette précaution, elle s'attacherait au fond, et formerait une croûte pouvant quelquefois faire brûler la chaudière. Enfin, une partie de cette argile entraînée par la vapeur l'encrasse, fatigue et use les tiroirs et les pistons des machines, en se déposant aussi en quantité notable dans le tuyau conducteur de vapeur. L'argile agit comme matière préservatrice de la même manière que les matières inertes dont nous allons parler ; c'est, à proprement parler, un moyen mécanique.

On a conseillé le verre pilé pour empêcher l'adhérence des dépôts, mais cette substance, en atteignant le but désiré, a le grave inconvénient d'être entraînée jusque dans les boites, et les cylindres qu'elle use comme si on y jetait de l'émeri.

Depuis assez longtemps, en Angleterre, on place dans les chaudières des rognures angulaires de tôle, de zinc, ou de fer-blanc, et on s'en trouve assez bien. On a été jusqu'à employer des morceaux de verre, mais comme on peut avoir besoin de faire descendre des ouvriers dans la chaudière, ou les bouilleurs, ce moyen doit être complétement prohibé ; les rognures métalliques présentent un peu aussi cet inconvénient. Du reste, à mon avis, les moyens mécaniques, dont il est question, ne doivent être employés que quand les moyens chimiques présentent des inconvénients dont j'aurai occasion de parler tout à l'heure. En effet, les moyens mécaniques sont impuissants pour empêcher les incrustations, qui se forment partout ailleurs que dans la chaudière, par exemple, dans les tuyaux d'alimentation, incrustations qui ont aussi leurs dangers.

Il y a huit ans, à peu près, que MM. Néron et Kurtz vinrent annoncer un autre procédé de leur invention. C'est une simple remarque raisonnée qui les conduisit à cette découverte ; et c'est encore une preuve de plus de cette vérité, que, dans les sciences d'application, on doit attacher de l'importance à la plus simple observation.

Ces messieurs avaient alors, je crois, une fabrique d'impressions et de teinture. L'usine était placée sur une petite rivière, qui recevait les eaux de décharge et où on puisait l'eau d'alimentation pour les chaudières à vapeur.

Cette eau était nécessairement colorée par des décoctions de bois de teinture, et ces messieurs remarquèrent, non sans étonnement, que leurs chaudières étaient totalement exemptes d'incrustations, tandis que celles des usines, bordant ce même cours d'eau, et surtout des usines en amont, présentaient des incrustations. Ils pensèrent alors que cet effet remarquable était dû à la matière colorante, et, pour s'en assurer, ils firent une expérience qui vint justifier pleinement leur opinion. C'est alors qu'ils prirent un brevet pour tirer parti de leur découverte, et engagèrent les propriétaires de chaudières à vapeur à souscrire pour l'usage de leur procédé.

Les moyens que MM. Néron et Kurtz indiquaient, dans le premier mémoire qu'ils adressèrent à leurs souscripteurs, étaient au nombre de deux, l'un chimique, l'autre mécanique (Je cite leurs expressions).

« Le moyen chimique consiste à introduire dans la chaudière une décoction de bois de Campêche ou de tan, en la plaçant dans un baquet où viendrait puiser la pompe alimentaire. Cette décoction doit avoir de 10 à 20 degrés de concentration, et être introduite dans la proportion de 1 litre au moins sur 1000 litres d'eau au plus.

« Le moyen mécanique consiste à garnir le fond de la chaudière de morceaux de verre de bouteille ; ces morceaux, devant produire sur les parois de la chaudière un écurage continuel, rendent toute adhérence impossible. »

Ce dernier moyen, les inventeurs le recommandaient, surtout pour les chaudières alimentées par l'eau de mer, en préférant d'ailleurs aux morceaux de verre des billes produisant le même effet que le plomb de chasse dans le rinçage des bouteilles.

Depuis, et probablement pour rendre leur procédé encore plus simple et d'une application plus facile, ils conseillèrent le bois de Campêche en nature, et en firent usage en le plaçant dans la chaudière, soit en poudre, soit en copeaux et en effilures ; 1 kilogramme de bois par force de cheval devant suffire pendant six

Digitized by Google

semaines ou deux mois, sans qu'on pût craindre le moindre dépôt incrustant.

Ayant assisté aux nombreuses expériences que firent MM. Néron et Kurtz à Saint-Quentin, en qualité de délégué de la Société industrielle qui existait alors dans cette ville (c'était en 1839), et ayant suivi la marche des opérations d'une manière continue, je puis en rendre un compte exact et fidèle.

Les expériences se firent chez M. Bauchart-Demarolle, membre du conseil général des manufactures, et chez MM. Lehoult et compagnie. On employa du bois de Campêche en poudre; et les chaudières ayant marché six semaines, on ne put voir sur les platines, préalablement nettoyées avec de l'acide hydrochlorique, aucune trace d'incrustation. M. Bauchart et moi descendîmes dans sa chaudière, ne voulant ne nous en rapporter qu'à nos yeux pour apprécier convenablement la partie des résultats obtenus.

Depuis lors, MM. Bauchart et Lehoult ont laissé marcher leurs chaudières pendant trois mois avec la même dose de Campêche, et, en les vidant, il y avait absence complète d'incrustation.

L'eau en s'écoulant entraîne avec elle un dépôt boueux, dont une petite quantité resterait dans la chaudière, mais sans adhérence aucune, si on ne prenait soin de promener un balai sur le fond de la chaudière et des bouilleurs, quand il s'y trouve encore un peu d'eau.

Dans la fabrique dite des Anglais, appartenant à M. Hatcoath, aussi à Saint-Quentin, le Campêche fut introduit en décoction, et on s'en est très bien trouvé; les chaudières ont pu marcher trois mois sans être vidées.

Voilà les faits tels que je les ai observés; passons maintenant à leur discussion.

On a prétendu dans quelques villes, et à Saint-Quentin entre autres, que le bois de teinture, placé dans des chaudières et arrivant nécessairement dans les bouilleurs, peut s'attacher à la tôle et la faire brûler. Que cette prétention soit ou non fondée, admettons-la; car, pour faire adopter généralement en industrie un procédé, même quand son emploi doit être profitable à ceux qui s'en servent, il faut aller au-devant des appréhensions peu fondées. Aussi je pense que le bois en nature doit être laissé de côté, la décoction n'étant susceptible d'aucun inconvénient semblable dans son emploi. D'ailleurs il est bien plus rationnel, plus naturel, pour éviter les incrustations, de placer dans la chaudière un liquide qu'un solide non entièrement soluble; car, en définitive, la matière solide augmente le dépôt.

Il n'est pas nécessaire d'employer la décoction de Campêche à 10 ou 20 degrés de concentration : seulement, avec une concentration moindre, la quantité devra être proportionnellement plus grande. Je regarde comme trop forte de moitié la dose de décoction indiquée par MM. Néron et Kurtz (1 litre sur 1000 d'eau qu'on introduit dans la chaudière). Du reste, cette quantité n'est pas absolue, mais elle dépend essentiellement de la nature des eaux qui alimentent une chaudière; c'est à la personne qui fait usage du procédé à fixer la dose de décoction, d'après le temps qu'elle veut faire marcher sa chaudière sans la vider. On trouve aujourd'hui, dans le commerce à Paris, des extraits colorants très riches en matières résineuses, par cela même impropres à la teinture et à l'impression, mais qui conviennent très bien comme désincrustants (1). Tout manufacturier peut aussi, et très facilement, préparer chez lui, s'il y trouve un avantage pécuniaire, la décoction nécessaire. Voici la manière de faire cette décoction.

Dans un baquet, tonneau ou cuve en bois, on place le Campêche réduit en poudre ou en effilures (1), qu'on recouvre d'eau; on fait arriver dans le liquide un jet de vapeur qui détermine l'ébullition, et on épuise le bois de sa matière colorante par plusieurs bains, si c'est nécessaire; en un mot, on pousse jusqu'à ce que l'eau cesse d'être colorée.

La décoction obtenue, le meilleur moyen de l'introduire dans la chaudière à vapeur est de l'y faire parvenir par la pompe alimentaire, sinon toutes les fois que cette pompe marche, ce qui serait préférable, du moins par portions égales et quotidiennes. Par ce moyen, les incrustations ne pourront pas se former dans ledit tuyau d'alimentation qui donne passage à la substance préservatrice. Comme dans certaines usines on fait chauffer, au moyen de la chaleur perdue du fourneau, l'eau nécessaire à l'alimentation, ce qui est très rationnel, c'est dans cette chaudière préparatoire, quand elle existe, qu'il faut placer la décoction ou l'extrait solide qui s'y dissout alors spontanément.

Quelques blanchisseurs et apprêteurs de tissus, qui se servent souvent de la vapeur pour faire bouillir des lessives où plongent des toiles à blanchir, ou pour faire cuire de l'empois, ont trouvé que la vapeur sortait colorée d'une chaudière, quand on y avait placé du Campêche, bois ou décoction. Cela est très possible; car la vapeur entraîne assez souvent avec elle du liquide du générateur, surtout quand la chambre de vapeur de la chaudière est très restreinte. Je dois cependant ajouter que, dans l'établissement précité de M. Hatcoath à Saint Quentin, où on emploie la vapeur du générateur pour le blanchiment et l'apprêt des tulles fabriqués dans ce bel établissement, cet effet de coloration ne s'est jamais présenté pendant trois ou quatre mois, temps pendant lequel j'ai suivi les expériences.

Examinons maintenant quel est le mode d'action de la matière colorante sur les sels calcaires qui se trouvent en dissolution dans l'eau. Voici les expressions dont se servent les inventeurs à ce sujet :

« Les parcelles calcaires, en passant de l'état de dissolution à l'état solide, se trouvent enveloppées de matière colorante, qui a pour elles une certaine affinité. Cette enveloppe les empêche de se joindre et d'adhérer entre elles, ainsi qu'au fer de la chaudière. Cette espèce d'habit de la molécule calcaire est un préservatif de l'affinité d'agrégation. »

Ainsi, d'après cette explication, ce n'est qu'au moment où les parties calcaires se déposent que l'affinité de la matière colorante s'exerce pour former avec elles une espèce de *laque*.

J'ai, pour m'assurer de ce fait, expérimenté de la manière suivante. D'abord j'ai préparé une décoction de Campêche, marquant 1°,5 au pèse-sel de Beaumé; j'en versai un décilitre dans 20 litres d'eau de puits bien calcaire; le mélange fut soumis à l'ébullition pendant un quart d'heure. Après ce temps, la couleur du liquide était un peu brune, et l'analyse nous fit reconnaître que la liqueur renfermait encore du chlorure de calcium et du sulfate de chaux, mais plus de carbonate.

L'expérience fut répétée, en triplant la dose de décoction de Campêche. Après un quart d'heure d'ébullition, le mélange était d'un rouge violet, mais renfermant toujours du sulfate de chaux et du chlorure de calcium.

J'en ai conclu que les matières colorantes n'exercent aucune action sur les sels de chaux, tant qu'ils sont en

(1) J'ai entendu parler d'extraits de Campêche, solidifiés pour cet usage, qui se vendent de 2 fr. 50 c. à 3 fr. le kil.; il en faut 1 kil. par semaine par force de 10 chevaux.

(1) Nous rappelons que 2 kilogr. suffisent, par force de cheval, pour six semaines à deux mois d'une marche continue.

Digitized by Google

dissolution; et si aucune trace de carbonate de chaux n'a été retrouvée dans le liquide, c'est que, par l'ébullition, l'acide carbonique qui le maintenait en dissolution s'était volatilisé. Ainsi l'explication des inventeurs me paraît satisfaisante.

Comme complément de leur procédé de désincrustation, MM. Néron et Kurtz, qui ont réellement étudié à fond la question (et ils avaient intérêt à le faire), conseillent quelques moyens ou précautions qui ne sont pas à dédaigner; 1° pour empêcher les incrustations qui peuvent se former dans les condenseurs (ces incrustations sont bien moins fortes et moins à redouter que dans les chaudières); 2° pour éviter l'introduction, dans la chaudière, du sable et des matières terreuses qui ne sont plus en dissolution, mais qui pourraient être en suspension dans l'eau des puits alimentant les machines.

Ces moyens, les voici : 1° placer dans la bâche ou réservoir d'eau où se fait l'aspiration du condenseur un sac contenant du Campêche en poudre ou en effilures; la température de l'eau étant basse, la dissolution de la matière colorante s'opère très lentement, de sorte que l'eau aspirée par le condenseur (ou pompe à air), en contient peu, mais assez cependant pour former *laque*, se combine avec la petite quantité de carbonate de chaux qui peut s'y précipiter. MM. Néron et Kurtz conseillent aussi de placer dans cette même bâche, des bottes de foin contenues dans un panier d'osier assez serré, pour qu'elles ne s'éparpillent pas; foin que l'eau doit traverser nécessairement, et qui forme une espèce de filtre. D'après eux, ce foin prendrait à l'eau de l'acide carbonique qu'elle tient en dissolution, et déterminerait ainsi la précipitation du carbonate de chaux. Je sais bien, comme tout le monde, que les parties vertes des plantes en végétation ont la propriété, sous l'influence de la lumière, d'absorber l'acide carbonique, mais je ne pense pas que cette explication puisse s'étendre au foin; 2° suivant ces messieurs, et ici nous sommes pleinement de leur avis, il ne faut point placer verticalement la succion de la pompe du puits, mais bien horizontalement en la garnissant d'une tête d'arrosoir qu'on fera arriver jusqu'au point supposé devoir être le niveau le plus bas dans les grandes sécheresses; alors l'aspiration (comme on dit) ne peut plus mettre en mouvement toutes les parties terreuses et graviers qui se trouvent au fond de l'eau.

Quelque temps après les applications du procédé Néron et Kurtz, suivies comme on le voit de bons résultats, M. Kuhlmann, le savant chimiste de Lille, bien connu dans le monde scientifique et industriel, vint proposer un autre moyen d'empêcher les incrustations des chaudières. Ce moyen tout à fait chimique n'est autre que celui conseillé et employé depuis longtemps, pour précipiter les sels calcaires en dissolution dans l'eau qu'on veut rendre propre au savonnage. Il présente cette particularité, qu'il détermine la précipitation des sels calcaires aussitôt l'introduction dans la chaudière. Cette précipitation immédiate a pour but, d'après M. Kuhlmann, de s'opposer à la cristallisation des sels qui ne manquerait pas de s'opérer si le dépôt se faisait lentement. Il faut remarquer que le dépôt et la cristallisation lente ne pourraient s'opérer que pour le sulfate de chaux, si l'ébullition avait lieu à l'air libre; car alors la précipitation du carbonate se fait au bout de quelques minutes; mais dans un générateur de vapeur, surtout s'il marche à haute pression, l'acide carbonique se dégage-t-il comme à l'air libre? je ne le pense pas. Ainsi, dans une chaudière à vapeur le carbonate de chaux ne se dépose que lentement, et d'autant plus que la pression est plus forte; c'est ainsi que le procédé de M. Kuhlmann atteint le but proposé.

M. Kuhlmann se sert donc de carbonates alcalins de soude ou de potasse. Voici les réactions auxquelles donnent lieu les sels de chaux ou de magnésie contenus dans l'eau : 1° Le sulfate de chaux qui s'y trouve, produit avec le carbonate alcalin une double décomposition; il y a précipitation de carbonate de chaux et de sulfate de soude ou de potasse restée en dissolution; 2° le chlorure de calcium dont la quantité dans l'eau est souvent assez notable agit aussi par double décomposition; c'est là, nous devons l'avouer, un léger inconvénient du procédé de M. Kuhlmann, en ce sens que le chlorure, corps éminemment soluble, déliquescent même, et ne pouvant jamais donner lieu à incrustation, produit avec un carbonate alcalin un dépôt dont l'effet doit être plutôt nuisible que neutre (en admettant même le dépôt comme non cristallisable ni susceptible d'adhérence); de plus, il décompose sans résultat utile une quantité proportionnelle de carbonate alcalin, ce qui est une cause de dépense; 3° enfin, le carbonate de chaux qui n'est soluble que par un excès d'acide carbonique, se dépose aussitôt que le sel alcalin a saturé ledit excès, sans que pour cela le carbonate de soude ait perdu son effet utile : en effet, le carbonate alcalin passe à l'état de sesqui-carbonate, puis de bi-carbonate, qui, par le fait de l'ébullition, perd une partie de son acide pour revenir à l'état de sesqui-carbonate, et repasser encore une fois à l'état de bi-carbonate. Et cette suite de transformations doit se reproduire indéfiniment, de sorte qu'avec une petite quantité de carbonate alcalin on peut déterminer la précipitation du carbonate de chaux dans une quantité d'eau presque indéfinie, en supposant d'ailleurs cette eau exempte de sulfate de chaux et de chlorure de calcium.

Pour des eaux de puits très riches en carbonate calcaire la quantité du préservateur d'incrustation proposé par M. Kuhlmann, est minime : savoir, 100 à 150 grammes de sel de soude, par force de cheval, et par mois de travail. Dans cette circonstance, qui est, nous le pensons, la plus générale, le procédé est bien peu coûteux, et c'est à lui qu'on doit donner la préférence. Nous nous demandons seulement s'il ne vaut pas mieux introduire le sel de soude quotidiennement et en parties égales dans la chaudière, au moyen de la pompe alimentaire, comme nous l'avons déjà dit à propos des matières colorantes pour éviter les incrustations dans le tuyau d'alimentation.

M. Kuhlmann, après avoir fait l'essai de son procédé dans ses usines, en conseilla l'application à M. Hallette, d'Arras, qui s'en trouve bien aussi. Sachant que nous nous étions occupé, à Saint-Quentin, assez sérieusement de la question des incrustations, il nous demanda de vouloir apporter de nouvelles preuves aux bons résultats déjà obtenus; nous nous rendîmes avec empressement à sa demande, et une application se fit sous notre surveillance, dans l'usine de MM. Cambronne frères, filateurs. Le succès vint confirmer nos prévisions, et nous fîmes à la Société industrielle un rapport sur ce nouveau procédé. Nous y disions, et notre opinion n'a pas varié depuis lors, que dans les conditions où se trouvaient les puits de Saint-Quentin, le procédé de M. Kuhlmann l'emportait même sur celui de MM. Néron et Kurtz, et ne pouvait en aucune manière colorer la vapeur, dont la pureté est si nécessaire aux blanchisseurs et apprêteurs de tissus.

Ce rapport ayant été publié et répété par plusieurs journaux de la capitale, M. Pâris, fabricant de cristaux, à Bercy, très désireux de se débarrasser des incrustations de ses chaudières, voulut aussi appliquer le procédé de M. Kuhlmann; mais sans apporter une attention convenable aux indications et aux recommandations très précises, relatives à la nature des eaux, sans songer que la quantité de carbonate de soude, employée à Lille, à Saint-Quentin, à Arras, pouvait bien ne plus être suffisante pour produire les mêmes effets à Paris, où l'eau renferme, c'est connu de tout le monde,

Digitized by Google

une quantité notable de sulfate de chaux. Il plaça donc dans une des deux chaudières de sa machine, forte de dix chevaux, chaudière préalablement bien nettoyée, 20 kilogr. de sel de soude, et mit en marche. Après douze jours de travail une fuite s'étant déclarée dans la chaudière, on arrêta, et on remarqua qu'il s'était formé dans la chaudière une incrustation aussi forte qu'à l'ordinaire (1). L'incrustation soumise à l'analyse ne fut trouvée contenir que du sulfate de chaux, plus 1 1/2 à 2 p. 100 de sulfate de soude, mais point de carbonate de chaux. L'eau du puits renfermait 1 gram. 316 de sulfate de chaux par litre, plus des quantités notables de carbonate et de chlorure de calcium. L'énorme quantité de plâtre contenu dans les eaux du puits de M. Pâris indique suffisamment qu'il ne pouvait obtenir un résultat satisfaisant avec la dose de sel de soude employé.

Eu égard à la nature des eaux du département de la Seine, et des environs, dans le voisinage des carrières à plâtre, nous pensons que le procédé de M. Kulhmann, très applicable d'ailleurs, avec succès, ne doit pas présenter les avantages incontestables signalés dans le nord de la France, et qui existeront pour tous les pays où les eaux alimentant des puits traversent seulement des terrains crayeux. Le savant chimiste de Lille le savait parfaitement bien, en conseillant le nouveau procédé, et il n'a jamais eu la prétention de lui attribuer plus de vertu qu'il n'en a réellement.

Nous pensons donc que les procédés : 1° des carbonates alcalins ; 2° des matières colorantes, ont résolu d'une manière complète et très heureuse le problème de désincrustation des chaudières à vapeur ; et il faut savoir gré à M. Kulhmann d'avoir fait à l'industrie une communication gratuite de sa découverte, qui a bien son importance.

On a parlé tout récemment de l'emploi de la sciure de bois d'acajou, comme préservateur des incrustations ; nous n'hésiterons pas un seul instant à rapporter ce moyen au procédé des matières colorantes de MM. Néron et Kurtz, procédé qui est encore ignoré de bon nombre de savants et industriels. Il serait très possible que les extraits des bois colorants agissent aussi en partie du tannin qu'ils renferment ; l'acide tannique formant un sel très insoluble avec la chaux ; du reste l'emploi du tan recommandé primitivement par MM. Néron et Kurtz vient corroborer cette prévision. Disons cependant qu'ils ont renoncé à l'emploi du tan.

Je trouve dans le *Moniteur industriel* du 21 septembre dernier l'indication de plusieurs recettes proposées par M. Watteen, de Londres, pour prévenir les incrustations, toutes calculées pour une chaudière de dix chevaux vapeur.

Le n° 1 destiné aux chaudières dans lesquelles on introduit de l'eau chargée de carbonate de chaux se compose de 1k,803 cristaux de soude, de 1k,803 cachou, de 0k,906 dextrine, 0k,453 potasse d'Amérique, de 0k,453 sucre de betterave, de 0,453 d'alun et de 0,453 de gomme arabique.

En citant le n° 1 des diverses recettes de M. Watteen je me crois dispensé de parler des autres qui ont avec leur aînée beaucoup d'analogie. Je les considère comme des *olla-podrida* des mixtions baroques de presque tous les moyens indiqués jusqu'à présent, dont la fadeur est relevée cependant par du sucre et de la gomme arabique dont tout le mérite d'invention revient sans contredit à M. Watteen.

Avant d'abandonner le sujet qui nous occupe nous demanderons s'il y a réellement impossibilité à purifier l'eau d'alimentation avant de l'introduire dans les chaudières. Les procédés qui viennent d'être indiqués sont bons, sans nul doute, mais ne peut-il pas, en industrie, se présenter des circonstances où la formation de tout dépôt serait nuisible.

Signalons superficiellement les moyens qui pourraient être employés. D'abord, le carbonate de chaux pourrait être précipité par l'ébullition chassant l'acide carbonique ; on pourrait aussi saturer l'excès de cet acide, soit par un peu de chaux, soit par du carbonate de soude ; ce moyen, même avec le dernier alcali, serait peu coûteux, car les eaux de la chaudière augmenteraient, d'après ce que nous avons dit à propos du procédé Kulhmann, en richesse alcaline, au fur et à mesure de l'alimentation, et pourraient très bien servir elles-mêmes, au bout d'un certain temps, pour saturer l'acide carbonique. Il suffirait d'avoir des cuviers où s'opérerait le dépôt du carbonate de chaux.

Comme ce procédé décompose aussi le sulfate de chaux et le chlorure de calcium en dissolution dans les eaux, il ne serait économiquement applicable que là où les eaux ne contiennent que de faibles quantités de ces deux derniers sels. C'est, en effet, le procédé Kulhmann, mais appliqué antérieurement à l'alimentation. Tout le monde sait que c'est le mode employé pour rendre les eaux calcaires propres au savonnage.

Quant à la quantité d'eau à purifier, on sait qu'un cheval de vapeur exige au plus, par heure, 6 kilogr. de vapeur, et partant, 6 kilogr. d'eau ; marchant douze heures, 720 kilogr. d'eau ; c'est-à-dire 7 hect. 2, soit avec les pertes 9 à 10 hectolitres.

Dans les usines où la vapeur sert au chauffage, on a généralement soin de recueillir attentivement toute l'eau de condensation, qui est de l'eau distillée, et cette cuve sert partiellement à l'alimentation de la chaudière, si elle n'a pas, toutefois, d'emploi plus profitable.

S. Hall, célèbre constructeur de machines, en Angleterre, a proposé depuis plusieurs années un nouveau système de condensation de vapeur dans les machines, au moyen de serpentins réfrigérants, entourés d'eau, au lieu du mélange de la vapeur et de l'eau froide. Un des buts, pour ne pas dire le seul, que se proposait Hall, était d'alimenter la chaudière avec de l'eau pure. Nous ne sachions pas que son procédé ait été appliqué en France ; mais l'idée de Hall prouve qu'il attachait une grande importance à l'absence de dépôts et d'incrustations dans les chaudières.

S'il est encore aujourd'hui des industriels qui n'emploient aucun moyen préservateur d'incrustations pour leurs chaudières à vapeur, il faut qu'ils soient bien peu soucieux de leurs intérêts et bien peu curieux des progrès de la science. A. MALLET.

INCUBATION ARTIFICIELLE. Voyez RÉGULATEUR DU FEU.

INDIGO (*angl.* indigo, *all.* indig). Matière colorante bleue très solide, que l'on retire de plusieurs plantes du genre *indigotifera* par le procédé suivant : on met les feuilles fraîches ou séchées dans une grande cuve dite *trempoir*, et on les recouvre de 4 à 5 centimètres d'eau. Il s'y établit bientôt une fermentation active ; la liqueur se colore en jaune, et se recouvre d'une mousse qui passe bientôt ; il s'y dissout en même temps une substance qui, au contact de l'air, s'oxyde, bleuit et se précipite. Dans cet état, elle constitue l'indigo. La liqueur qui surnage est décantée dans une autre cuve découverte, et battue avec un agitateur ; elle absorbe

(1) Comment admettre qu'avec l'emploi de 20 kilogr. de sel de soude, l'incrustation eût été aussi forte qu'à l'ordinaire, alors qu'on ne pouvait faire usage d'aucun préservateur. Nous pensons que l'anomalie pourrait être expliquée, en disant que la cristallisation du sulfate de chaux est plus rapide, dans un liquide contenant des sels facilement cristallisables, que dans l'eau. Ainsi, la croûte renfermait du sulfate de soude ; de plus, nous avons eu l'occasion de remarquer, qu'en lavant avec de l'eau d'un puits riche en plâtre des chaudières d'évaporation de muriate d'ammoniaque, le dépôt de sulfate de chaux cristallisé se faisait très rapidement. C'est une simple explication que nous proposons sous toutes réserves.

Digitized by Google

de l'oxygène, se trouble, et laisse déposer une nouvelle quantité d'indigo. On jette l'indigo sur un filtre de toile serrée; on le lave, et on le fait sécher. On ajoute souvent un peu d'eau de chaux à la liqueur chargée d'indigo, dans le double but d'accélérer sa précipitation et de rendre sa filtration plus facile.

Le *pastel* (isatis tinctoria), traité de la même manière, fournit également de l'indigo, mais en quantité beaucoup moindre.

L'indigo se trouve, dans le commerce, sous la forme de morceaux de grosseur très variable, quelquefois irréguliers, d'autres fois cubiques ou plats, dont la nuance varie du bleu-violet au bleu-noirâtre. Ces fragments sont légers, faciles à rompre; ils n'ont point de saveur, mais ils happent plus ou moins à la langue, en raison de leur sécheresse et de leur porosité; ils ont une légère odeur, qui devient plus sensible lorsqu'on les chauffe; enfin, leur cassure, de terne qu'elle est ordinairement, devient brillante et d'un rouge-cuivré, lorsqu'on la frotte avec l'ongle ou avec tout autre corps dur. Plus l'indigo est léger, et plus la couleur cuivrée qu'il prend par le frottement est brillante et prononcée, meilleure est sa qualité.

L'indigo, soumis à une forte chaleur, répand des vapeurs pourpres qui se condensent aisément en petites aiguilles brillantes, d'un aspect métallique et de couleur cuivrée : ce produit est la matière colorante pure ou *indigotine*, dont la proportion est différente dans les diverses espèces d'indigo, et qui ne forme que les 0,45 de l'*indigo flor* de Guatimala, regardé comme le plus riche de tous.

L'indigo est insoluble dans l'eau et dans l'éther ; un peu soluble dans l'alcool bouillant. Le chlore le décolore, mais il se dissout sans altération dans 8 à 10 parties d'acide sulfurique concentré, ou 2 à 5 parties d'acide sulfurique fumant. Cette dissolution est d'un bleu-noir extrêmement intense ; étendue d'eau elle est d'un beau bleu, et constitue le *bleu de Saxe* employé à la teinture des laines. On y sature ordinairement la plus grande partie de l'acide sulfurique en y ajoutant de la craie.

L'acide nitrique détruit rapidement l'indigo et le convertit en une série de produits remarquables, parmi lesquels nous citerons les acides *indigotique* et *carbazotique*.

Tous les corps doués d'une grande affinité pour l'oxygène, qui sont mis en contact à la fois avec de l'indigo et un alcali et de la chaux, s'oxydent aux dépens de l'indigo même et le changent en *indigo blanc*, réduit ou désoxygéné, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les dissolutions alcalines ; c'est à ces dissolutions alcalines d'indigo qu'on donne le nom de *cuve d'indigo* dans les ateliers de TEINTURE (voyez ce mot). Les corps qui sont le plus souvent employés pour produire, sous l'influence de l'eau, la désoxydation de l'indigo, sont le proto-sulfate de fer et la chaux, l'orpiment et la potasse, la potasse et le protoxyde d'étain. La couleur du bleu de cuve est beaucoup plus solide que celle du bleu de Saxe.

L'indigo blanc a une affinité pour l'oxygène, qui est telle, qu'on n'a pu jusqu'ici l'obtenir pur qu'à l'état solide, à cause de la difficulté d'opérer lors du contact de l'air, pour peu que la dissolution alcaline qui le renferme rencontre d'air ou d'oxygène, elle bleuit et laisse précipiter de l'indigo.

Le procédé le plus exact pour reconnaître la valeur d'un indigo du commerce, consiste à en faire dissoudre un poids donné dans 9 parties d'acide sulfurique concentré, à l'étendre d'eau, et à déterminer par expérience la quantité d'une dissolution titrée de chlorure décolorant qu'il faut y ajouter pour obtenir une décoloration complète; cette quantité sera proportionnelle à celle de la matière colorante contenue dans l'indigo essayé.

On se sert aussi quelquefois du *colorimètre* de M. Labillardière, dont l'emploi est basé sur ce que la quantité d'eau nécessaire pour amener au même degré deux dissolutions colorées, est proportionnelle à celle de la matière colorante qu'elles renferment.

INDUSTRIE FRANÇAISE. Nous empruntons à l'intéressant ouvrage de M. Schnitzler (*de la Création de la richesse*, etc.), le tableau de la valeur des produits créés par l'industrie française. Les éléments extraits des meilleurs documents et discutés avec tout le soin possible, permettent de le présenter comme offrant une approximation assez voisine de la réalité.

Valeurs créées par l'industrie (la matière brute comprise).

	fr.
Industrie du fer, y compris l'extraction et la préparation des minerais ainsi que la valeur des combustibles.	124,000,000
Elaboration du cuivre, zinc et plomb.	26,500,000
Exploitation des combustibles minéraux et de la tourbe.	32,000,000
Exploitation des métaux autres que le fer des bitumes minéraux et des sels	13,500,000
Exploitation des carrières.	40,000,000
Verreries, cristalleries, fabriques de glaces.	47,500,000
Fabrication de la porcelaine, de la faïence et de la poterie en général.	27,500,000
Tuilerie, briqueterie, fabrication de la chaux et du plâtre.	66,500,000
Fabrication de produits chimiques.	22,000,000
Industrie du chanvre et du lin.	360,000,000
Industrie du coton.	500,000,000
Industrie de la laine.	400,000,000
Industrie de la soie.	230,000,000
Industrie du cuir et des peaux.	300,000,000
Industrie du sucre.	45,000,000
Papeterie, impression sur papier.	25,000,000
Librairie, Imprimerie.	25,000,000
Construction de machines.	15,000,000
Horlogerie.	30,000,000
Fabrication des bronzes.	25,000,000
Fabrication du plaqué.	6,000,000
Orfévrerie et bijouterie.	50,000,000
Distilleries, brasseries.	206,000,000
Industries diverses.	135,000,000
Arts et métiers.	250,000,000
Total.	3,001,500,000

INULINE. Fécule que l'on retire des racines de l'*inula helenium*, du dahlia, du topinambour, et de plusieurs autres plantes de la famille des radiées. On râpe ces racines, on les lave, on les exprime, on les fait bouillir avec de l'eau, et on filtre la dissolution bouillante à travers un linge. Si elle est trouble, on la clarifie avec du blanc d'œuf; on l'évapore ensuite jusqu'à pellicule et on la laisse refroidir. L'inuline s'en dépose sous forme pulvérulente; on la recueille sur un filtre, on la lave bien et on la sèche.

L'inuline ainsi obtenue est amorphe, blanche, pulvérulente, très fine, sans saveur, inodore, d'une densité = 1, 3, ayant la même composition et à très peu près les mêmes propriétés que l'*amidon*. Elle s'en distingue surtout en ce que l'iode, au lieu de la colorer en bleu, la jaunit et la rend insoluble dans l'eau froide.

INVENTION.

I. *De l'importance de l'invention dans l'industrie.*

Un des plus grands défauts de notre système industriel, celui auquel il serait le plus utile de trouver un remède par des institutions convenables, et celui dont la démonstration serait la plus inutile aux personnes qui ont quelque peu vécu dans l'industrie, c'est que le succès et la fortune ne sont pas toujours, à beaucoup

Digitized by Google

près, la récompense de la capacité et du travail. Or, on peut affirmer, sans crainte d'erreur, que la plus noble tendance des sociétés modernes est de s'organiser en vue de récompenser le travail du plus capable, comme cela se voit dans l'armée, la magistrature, l'administration, etc., où on ne doit tenir compte pour l'avancement que des services rendus et de la capacité des individus à en rendre d'autres. C'est là une de ces idées fondamentales de notre époque d'égalité dont nos pères pouvaient chercher la démonstration, mais que notre rôle est de faire passer dans la pratique; toute institution applicable à l'industrie qui tendra au même but est donc utile et désirable, en corrigeant ou diminuant pour le moins le plus grand défaut de l'organisation actuelle.

Jetons un coup d'œil sur les causes du succès dans l'industrie. Outre la capacité et l'habileté dans la fabrication, qui seules permettent à l'industriel d'accomplir d'une manière satisfaisante sa véritable fonction sociale, on reconnaît comme généralement prédominantes : l'habileté dans les transactions; l'abondance des capitaux et l'influence du crédit; et enfin, par suite de cette dernière cause, l'exploitation des vendeurs, tant de marchandises que de salaires, qui se poussant les uns les autres, viennent par l'effet de la concurrence remplir à bas prix les magasins et les ateliers de celui qui ayant des capitaux peut attendre et offrir de l'argent comptant.

Plusieurs de ces moyens de succès qui, au point de vue individuel, ont beaucoup de valeur, en ont peu au point de vue de l'utilité de la société. Si le producteur diminue les salaires, il produira bien à meilleur marché, mais aux dépens de l'ouvrier. Si, à cause de la pénurie du vendeur, il achète la matière première à vil prix, au-dessous de ce qu'a dépensé le producteur, il gagne précisément ce que perd celui-ci; pour la société le résultat est nul. Le changement de main de la valeur n'indique pas forcément une création de richesse; ainsi l'usurier qui parvient à s'approprier la fortune d'un fils de famille n'a certes été d'aucune utilité à la société.

Sans discuter dans quelle proportion les divers travaux sont utiles à la création de la richesse sociale, nous nous contenterons de considérer, ce qui ne peut être contesté, comme éléments fondamentaux de la production industrielle, le capital combiné avec le travail et l'habileté du producteur.

Le premier devoir de la société est donc de multiplier les institutions qui permettent à la capacité industrielle de trouver le capital dont elle a besoin pour pouvoir produire. Pour cela il faut que les capitaux soient abondants afin que les détenteurs, cherchant à les placer à un modique intérêt, soient forcés de considérer comme une garantie réelle la probité et la capacité de l'industriel peu fortuné, et même de s'efforcer de le découvrir pour lui fournir les moyens de se produire. C'est par les institutions de crédit de tout genre, et surtout les banques qui augmentent beaucoup la masse du capital circulant, que la société satisfait à ce besoin.

Si nous suivons le capital dans la production, nous voyons qu'il agit en se convertissant pour la plus forte part en outils, machines, et que son rôle devient d'autant plus important que le nombre de ces outils augmente. C'est donc l'invention de ces moyens de production, le produit le plus saillant de la capacité industrielle, qui fournit le champ dans lequel s'exerce l'action du capital. Mais l'invention ne lui fournit pas seulement un moyen de placement, bien souvent aussi c'est elle qui le crée rapidement en concourant puissamment à la production de la richesse.

Considérons l'effet de l'introduction d'une machine dans une industrie, par exemple dans l'exploitation de la houille. Un puits est creusé, au haut de ce puits est un treuil (c'est déjà une machine) que fait mouvoir un homme pour amener à la surface un panier de charbon d'un poids peu considérable. Bientôt la profondeur augmente et le travail de l'homme devient presque improductif.

Mais qu'une machine à vapeur vienne remplacer l'homme, comme cela a eu lieu en Angleterre lorsqu'elle a été inventée, à l'instant sous l'effort des machines puissantes (souvent de cent à deux cents chevaux, c'est-à-dire équivalant au travail de cinq cents à mille travailleurs en un seul point) d'immenses masses de charbon sont enlevées avec une facilité extrême, l'eau qui tendait à envahir la mine est pompée et amenée à la surface; et le travail d'élévation de la houille qui correspondait à une dépense considérable, n'a plus qu'une valeur minime, ne coûtant plus qu'une faible partie du combustible extrait : le prix du charbon se trouve très réduit.

Or, le bon marché et la production abondante d'une denrée produits par la diminution du travail de l'homme remplacé par les machines et les combinaisons des forces naturelles, n'est-ce pas là le plus véritable accroissement de richesses? N'est-ce pas l'avancement général de l'espèce humaine dans la voie du bien-être matériel, au moins en négligeant la question de la répartition des produits qui est d'un tout autre ordre d'idées que celles que nous traitons ici? Mais d'où provient cet important résultat? N'est-ce pas surtout de l'invention, que le capital n'a pu être appelé à réaliser qu'après qu'elle a été créée, et à laquelle il est subordonné? L'abondance d'inventions est donc encore plus désirable que l'abondance de capitaux pour la société; elle doit chercher à obtenir cette première base de la création des richesses, comme elle parvient à obtenir la seconde par les banques et les institutions de crédit. En encourageant et récompensant les inventions utiles, elle agit donc justement, et de plus utilement pour elle-même.

Revenons encore une fois sur le rôle que joue l'invention dans la création des produits, afin d'en montrer toute l'importance relativement à la création de la richesse sociale, bien distincte souvent, comme nous l'avons déjà fait voir, de la richesse individuelle, la seule dont l'industriel puisse s'occuper.

Considérons une denrée, un kilogramme de fer, par exemple, et supposons que sa production coûte 50 centimes. Qu'un marchand profitant de la gêne du producteur, de la crise momentanée qui afflige cette industrie, en acquière une grande quantité qu'il puisse vendre 40 centimes le kil. : le commerçant use dans ce cas de son droit, et nous ne blâmons nullement son opération qui évite au producteur un plus grand avilissement de ses produits; mais s'il fait un bénéfice sur cette opération, s'ensuivra-t-il que la société en fera aussi? Évidemment non, si le producteur a été obligé de vendre au-dessous de son prix de revient et si le bénéfice du consommateur correspond à la ruine du producteur.

Qu'au contraire, par quelqu'une des inventions que nous avons vu réaliser de nos jours, l'emploi du coke, des soufflerie à l'air chaud, l'emploi des gaz perdus par le gueulard, etc., le producteur puisse abaisser son prix de revient, de telle sorte que le prix de vente de 40 centimes le kilogramme lui assure un bénéfice suffisant; n'y aura-t-il pas création nouvelle de richesse pour la société si la différence entre le prix ancien et le prix nouveau est capitalisée, ou jouissance correspondante à la valeur de ce capital si le prix est abaissé?

D'où provient cette création de richesse? Évidemment de l'invention et de la réalisation de l'invention à l'aide du capital.

N'ayant pas à nous occuper ici des questions relatives aux capitaux, nous dirons seulement :

Que l'invention a une influence immense sur l'abondance de la production et le bas prix des objets fabriqués, et par suite sur la richesse sociale. Car bien qu'en

Digitized by Google

économie politique, l'école ne reconnaisse comme valeur que le rapport entre l'offre et la demande; comme néanmoins le producteur ne produit qu'autant que le prix offert dépasse le prix de revient, et en quantité d'autant plus abondante que la différence est plus grande; c'est en réalité le prix de revient qui forme la base fondamentale du prix de vente.

II. *Moyen de développer l'invention.*

Les progrès de l'invention trouvent leur base la plus solide dans les découvertes scientifiques, bientôt traduites dans la pratique manufacturière et agricole. Ce sont donc d'abord les travaux de science pure qu'il faut encourager, mais il y a peu à faire dans cette direction, dans notre pays, où l'édifice scientifique porte à son sommet l'Académie des sciences et dont la base repose sur l'Ecole Polytechnique.

Nous ne voulons parler ici que de la forme la plus habituelle que revêt l'invention dans l'industrie, la plus éloignée de la science pure, nous voulons parler de l'invention des machines; néanmoins presque tout ce que nous dirons pourra s'appliquer aussi bien aux inventions qui ont pour base les sciences physiques et chimiques, qu'à celles qui dérivent de l'application des lois de la mécanique.

Il nous faut en commençant aborder l'éternelle objection qui renait lors de l'invention de toute nouvelle machine, d'apporter une perturbation dans le travail, et d'occasionner des souffrances souvent trop nombreuses. Faut-il pour cela renoncer à tout progrès et conclure à la proscription des machines? Et parce que la société ne sait pas remédier aux maux que produisent les nouvelles inventions, doit-elle renoncer à les faire naître?

Nous pourrions répondre à cette objection, comme on le fait habituellement, par les résultats de toutes les grandes découvertes industrielles, qui, vues à quelque distance de leur origine, ont toujours été la cause d'une immense augmentation de travail, par suite de l'accroissement de la consommation du produit fabriqué.

Rappelons un seul exemple bien concluant. L'invention d'Arkrwight fournit aujourd'hui du travail en Angleterre à deux millions d'individus, au lieu de cinquante mille qui étaient occupés auparavant au travail du coton; et les produits, qui étaient alors d'environ cinq millions, dépassent actuellement neuf cent millions!

Malgré cela il n'est pas douteux que ce ne soit un devoir pour la société d'adoucir la pénible transition de l'ancien mode de fabrication au nouveau. Or, pour y parvenir, il faut, avant tout, que le gouvernement, qui peut exercer cette action sociale, connaisse les crises de cette nature, étudie leurs causes et leurs progrès; car la première condition pour guérir un mal est d'en savoir la cause.

Il en serait ainsi, si au lieu de rester étrangère au progrès industriel, l'administration était en mesure de l'activer et de le développer; c'est cette position que lui donneraient les institutions que nous demandons, en même temps que les profits résultant de l'invention fourniraient une partie des moyens nécessaires pour soulager les souffrances transitoires que causerait son adoption.

La société s'en remet, et l'expérience paraît indiquer que c'est avec raison, à la concurrence, au désir de la fortune, du soin d'exciter les inventeurs et de multiplier les projets. Elle assure à leurs auteurs le bénéfice des résultats de leurs travaux, au moyen du privilége des brevets d'invention. Cette organisation est-elle suffisante? La réponse est facile à faire, en étudiant ce qui se passe dans l'industrie.

Une observation attentive fait bientôt reconnaître le peu de cas que font généralement les industriels des inventions et des nouveaux procédés comme moyen de succès, et combien ils préfèrent les autres moyens dont nous avons parlé. Il est presque admis que c'est folie de chercher la fortune par l'expérimentation d'une découverte, quelque séduisante qu'elle soit en apparence. N'est-ce pas là une cause suffisante d'avortement pour bien des projets utiles? N'est-ce pas là une chose honteuse pour la société, qui devrait au contraire être toujours prête à les récompenser?

D'où peut naître cette opinion? Sans doute en partie du grand nombre d'idées fausses ne pouvant conduire à aucun résultat utile, qui se montrent souvent; cependant ces idées fausses, en appelant à son aide la science et l'expérience, on peut presque toujours les écarter. Mais n'est-ce pas bien plutôt parce qu'on voit trop fréquemment les auteurs des plus belles inventions se ruiner, faute d'avoir pu atteindre un heureux résultat avant d'avoir épuisé leurs ressources?

On peut dire que généralement les inventeurs se ruinent à exécuter leur invention, et à reconstruire les machines qui, débarrassées des défauts que conservent encore les premières construites, n'atteignent souvent pas la perfection avant que les fonds soient épuisés. Quelquefois celui qui reprend cette machine déjà arrivée à un assez grand degré de perfection peut, en l'achevant, y trouver la fortune; quant à l'inventeur, il n'y arrive, pour ainsi dire, jamais. Dans quelques cas exceptionnels bien rares, après de longs travaux, il parvient au bout de son œuvre; alors souvent encore des contrefacteurs, éludant adroitement les spécifications de son brevet, viennent profiter des bénéfices de son invention avec d'autant plus de facilité, que celle-ci ne leur ayant rien coûté, ils font au véritable inventeur une concurrence désastreuse.

Tel est le tableau bien affaibli des principaux accidents de la vie de l'inventeur. Au reste, qu'on se rappelle que Watt, après avoir inventé la machine à vapeur, était ruiné, que son brevet était près d'expirer sans qu'il eût tiré aucun résultat de la plus admirable découverte industrielle des temps modernes, quand il rencontra Bolton. Mais, nous dira-t-on, par cette association il vit la fortune, juste récompense de ses travaux, sourire enfin à ses efforts, et il put passer ses dernières années dans la richesse, à jouir de l'immense développement industriel qu'il avait tant contribué à créer.

Mais si Watt eût été en France, eût-il trouvé un Bolton? La chose est loin d'être certaine.

Il faut bien le répéter ici, comme on devrait peut-être le faire pour bien d'autres cas. Ce qui se passe en Angleterre est rarement ce qui se passe en France, et la raison en est simple. L'Angleterre, avec son sol inamovible, ses substitutions qui conservent d'immenses fortunes dans les mêmes mains, l'exemple d'immenses fortunes créées par l'industrie, a toujours disponibles des masses immenses de capitaux, cherchant des placements avantageux et ne s'effrayant même pas des plus aventurés. Aussi peut-on se fier en Angleterre à l'industrie privée du soin de développer toutes les inventions profitables, et voit-on aujourd'hui tous les inventeurs du monde entier, y compris les Français, y courir pour chercher à réaliser les inventions pour lesquelles leur pays ne leur offre pas d'appui, et contribuer à y faire prospérer une industrie aristocratique, quand, par d'heureuses institutions, on en eût profité pour développer notre industrie française organisée démocratiquement.

En France, les conditions sont bien différentes. Avec la division du sol, le partage égal des patrimoines, les grandes fortunes sont rares, et les placements des capitaux plus avantageux, sans qu'il y ait autant de risques à courir. En un mot, nous sommes une démocratie et non une aristocratie; et si pour celle-ci le meilleur gouvernement est celui qui laisse le plus faire,

Digitized by Google

chez nous, au contraire, il faut nécessairement qu'il fasse beaucoup, et notamment, qu'il crée autour de lui les institutions capables de suppléer aux avantages spéciaux que peuvent présenter d'autres formes de gouvernement. C'est ainsi qu'en France l'administration doit se charger de l'exécution des grands travaux d'utilité publique, canaux, chemins de fer, abandonnés de l'autre côté de la Manche aux grandes compagnies industrielles.

Que faut-il donc faire, puisque les moyens employés sont insuffisants? Faut-il, comme, sans doute, cela aura lieu un jour, que la société récompense directement l'inventeur, afin de faire jouir tous les citoyens de la nouvelle découverte? Déjà l'Assemblée constituante, dans une sublime prévision de l'avenir, avait voulu que l'Etat devînt acquéreur de toutes les nouvelles inventions utiles; mais si cela ne peut avoir lieu pour tous les cas, au moins nous espérons fermement voir, pour la gloire de notre époque, se multiplier les récompenses nationales pour les grandes découvertes.

Nous sentons trop combien il serait difficile aujourd'hui de changer le mode de rémunération en usage, pour nous arrêter à cette idée peu praticable; mais si c'est par un brevet et un privilége que la société récompense le service qui lui est rendu, nous demanderons que, dans l'intérêt général, cette institution soit complétée. En effet, ce privilége, sans sanction aucune, qui s'accorde à quiconque peut payer la taxe, n'est d'aucune utilité à l'inventeur pour exécuter sa découverte et faire jouir la société des avantages qui pourraient en résulter. C'est pourquoi nous réclamons une institution qui fournisse à l'inventeur capable les moyens d'exécution, quand il ne les possède pas, et l'affranchisse des chances d'une ruine, qui ne doit jamais être la récompense de celui qui a découvert à la société une nouvelle source de richesses. De la sorte, dans cette direction encore, le mérite seul suffirait.

Mais, de plus, pour prix de l'aide que le gouvernement offrirait, ainsi que nous allons le dire, à l'inventeur qui le réclamerait, pour réaliser sa conception, il nous paraîtrait juste qu'il se réservât une partie des bénéfices que pourrait fournir son exploitation, produits qui, se proportionnant à son importance industrielle, et par suite à la perturbation qu'elle pourrait causer dans la classe ouvrière, seraient affectés à soulager les souffrances qui en pourraient résulter.

L'importance et l'utilité d'une pareille institution ne sont pas douteuses; disons quelques mots de la manière dont nous comprenons qu'elle doit fonctionner.

III. *Jury d'examen.*

La première chose à faire serait d'apprécier l'invention qu'il s'agirait de réaliser, pour ne pas dépenser inutilement les sommes disponibles sur des inventions inutiles. Or, nous soutenons et croyons que tous les gens instruits seront de notre avis, qu'un premier examen fait par des hommes compétents élaguerait facilement toute la masse d'inventions oiseuses qui se pressent dans les listes des brevets d'invention. La science industrielle a fait des progrès admirables depuis quelques années, et chaque jour elle assujettit à des règles mathématiques et certaines les portions du travail industriel qui paraissaient ne pouvoir jamais s'y plier. Or, qu'est-ce que la science, sinon la connaissance des lois physiques, et, par suite, de l'effet de combinaisons nouvelles non encore expérimentées? Qu'un jury préparatoire renferme dans son sein des hommes comme M. Poncelet, croit-on qu'un nouveau moteur hydraulique dénué de sens pourra recevoir son approbation? Croit-on qu'un nouveau procédé de teinture que M. Chevreul croira bon d'expérimenter sera sans valeur? Qu'aux savants qui ont créé et admirablement développé la science industrielle, on adjoigne d'anciens fabricants qui, après une laborieuse carrière, auront tant de plaisir à s'intéresser aux travaux de leurs successeurs, et à voir réaliser des inventions dont ils ont senti l'avantage, et qui ont souvent passé devant leurs yeux sans que le torrent des affaires leur ait permis de s'y arrêter; et nous sommes convaincu qu'un jury ainsi composé pourra, dans les inventions qui lui seront soumises, déterminer :

Celles qui devront avoir des résultats utiles et importants pour la société, et qui répondent à un besoin réel de l'industrie à laquelle elles ont rapport;

Celles dont l'expérimentation serait curieuse et utile (après qu'un mémoire étudié avec soin aura bien déterminé la question, et que des dessins bien établis auront permis d'étudier les dimensions de toutes les pièces), au double point de vue de l'industrie et de la science, lorsque celle-ci n'est pas assez avancée pour prévoir le résultat avec quelque certitude;

Enfin, mettre de côté tous les projets reposant sur des erreurs, comme aussi ceux simplement curieux, ou n'ayant pour objet que des perfectionnements de peu d'importance, et réduire à un nombre fort modéré d'inventions très probablement utiles, la masse totale des brevets.

Ce jugement de la science et de l'expérience, que nous demandons ici, n'est que l'application à l'industrie d'institutions qui existent déjà dans tous les corps savants, le génie, les ponts et chaussées, où l'on a reconnu l'avantage de faire revoir par un comité composé de toutes les sommités du corps, tous les projets formulés par les ingénieurs, avant de passer à la construction.

Remarquons que, dans le cas qui nous occupe, les erreurs de ce jury, si par hasard il refusait son approbation à quelque invention utile (ce qui, à cause des lumières des personnes qui le composent, ne pourrait être que fort rare), n'atteindraient nullement les droits de l'inventeur, toujours réservés par un brevet qui lui assurerait les bénéfices résultant de son exploitation, au moyen des mêmes ressources dont il disposerait aujourd'hui.

Quant aux inventions que ce jury approuverait, et qui seront bien loin d'être en nombre infini, nous le répétons : ou la science les aura jugées bonnes *à priori*, et alors l'effet en sera certain; ou elle n'a pu se prononcer d'une manière positive et n'a pu que promettre un succès possible, et alors l'expérimentation sera d'autant plus précieuse que, ne s'attachant qu'à la partie douteuse du problème, elle tendra à fournir un nouvel élément à la science, et, par suite, devenir la source de nouveaux progrès. Au contraire aujourd'hui, un essai infructueux, fait à la dérobée par un inventeur et entièrement ignoré, n'empêche pas souvent un successeur de venir tenter le même essai. Les résultats précieux que la science eût pu tirer de ces travaux sont habituellement perdus.

Peut-être devrions-nous borner à la création d'un pareil jury l'institution nouvelle que nous demandons, bien persuadé que les capitaux viendraient en foule au-devant des projets qui auraient reçu son approbation; mais ce serait mettre la science trop près de l'agiotage, et beaucoup de savants fuiraient des fonctions chargées d'une trop grande responsabilité morale. Il nous paraît possible d'ailleurs de compléter cette création d'une manière plus heureuse, et qui permettrait d'atteindre plus efficacement les résultats qu'on en peut espérer.

IV. *Expérimentation.*

Il faudrait, pour y parvenir, que le jury pût disposer de sommes de quelque importance pour faire les frais du brevet aux inventeurs peu fortunés, dont le travail serait approuvé; et surtout pour accélérer le passage de l'état de projet à l'état pratique de toutes les inven-

Digitized by Google

tions utiles. Ne pourrait-il rendre d'immenses services en affectant à l'occasion un crédit spécial chez un habile mécanicien, à l'inventeur d'une machine qui n'a pas assez de ressources pour l'exécuter? N'assurerait-il pas ainsi la mise au jour d'une foule de combinaisons utiles, et cette large expérimentation, exécutée sous les yeux de personnes capables, ne viendrait-elle pas jeter de grandes lumières sur toutes les parties insuffisantes de la science et fournir une base de plus en plus large à de plus fréquentes inventions.

Mais de plus, ceci pourrait avoir lieu d'une manière peu coûteuse. Si, comme il est probable, une grande partie des inventions reconnues bonnes à expérimenter par le jury réussissent, et si l'encouragement pécuniaire qu'il donne à leur réalisation, n'est considéré que comme une avance de fonds remboursable avec bénéfice par l'inventeur, en cas de succès, cette source de revenus pourrait peut-être suffire aux dépenses ; il est d'autant plus juste qu'il en soit ainsi, que le succès sera dû bien souvent en partie aux conseils et aux avis des membres du jury, dont l'expérience évitera à l'inventeur de faire fausse route, comme cela aurait pu lui arriver, s'il eût été livré à ses seules lumières.

Nous croyons qu'à défaut du gouvernement, une société pourrait entreprendre avec avantage une semblable création, dans un intérêt privé. En tous cas, il serait mille fois préférable que ce fût l'État qui la fît ; parce que loin d'y chercher un bénéfice, il pourrait y consacrer tous les ans une somme importante, sacrifice que l'impôt viendrait largement couvrir par l'accroissement qui résulterait de l'accélération du progrès industriel. Enfin, le gouvernement, par tous les établissements dont il dispose déjà, arsenaux, écoles d'arts et métiers, manufacture des Gobelins, de Sèvres, d'Indret, etc., pourrait faire exécuter une grande partie des essais à tenter, sous la surveillance de ses ingénieurs, de ses officiers, d'une manière convenable ; et tous ces établissements se trouveraient réunis par un lien commun bien puissant : celui d'être le grand champ d'exploration industrielle dans l'intérêt général.

Nous ne parlerons pas de l'émulation que ferait naître entre les travailleurs un pareil système ; nous nous contenterons de rappeler les merveilleuses inventions qu'ont excitées quelques concours ouverts par l'administration ; celui du papier timbré, par exemple.

Nous ne savons si le lecteur partagera nos idées, mais il nous paraît qu'il y a dans la voie que nous indiquons un important progrès à réaliser. Il nous a paru fort inutile de donner aucun détail d'organisation, car l'exécution serait facile si l'idée était jugée bonne. L'École des Mines, qui forme pour l'industrie métallurgique une institution fondée pour atteindre en partie le but assigné, dans une voie spéciale, pourrait servir de modèle. Tous les terrains métallifères qu'on veut mettre en exploitation sont analysés dans son laboratoire ; les ingénieurs rapportent chaque année de leurs tournées les résultats des nouveaux procédés pour l'expérimentation desquels leur capacité les fait rechercher ; dans chaque cas nouveau qui se présente, le concessionnaire d'une mine vient y apprendre ce qu'il peut espérer de son exploitation, quels procédés il doit employer. Croit-on qu'un semblable établissement ne soit pas un bienfait pour l'industrie métallurgique? Qu'on consulte les exploitants à cet égard, et nous ne craignons pas de dire que leur éloge sera unanime.

Nous dirons seulement qu'il nous paraîtrait désirable de créer, près du jury, au Conservatoire des arts et métiers par exemple, un atelier de construction, dans lequel on réunirait un choix d'ouvriers mécaniciens et de contre-maîtres expérimentés, qu'on chargerait de l'exécution des machines-modèles qui resteraient dans les galeries du Conservatoire. Ne serait ce pas une belle institution que celle qui, hiérarchisant une classe importante d'ouvriers, leur ferait entrevoir, à la fin de leur carrière, pour récompense de leur bonne conduite et de leur habileté, une position paisible dans un atelier modèle, sur lequel l'attention publique serait toujours fixée. De plus, ces ouvriers habiles, exercés à toutes les difficultés de la mécanique, ne pourraient-ils par leur réunion faciliter singulièrement les essais dont ils seraient chargés?

En faisant travailler avec ces ouvriers de choix, et sous leur direction, un assez grand nombre de jeunes gens qui profiteraient des bons exemples et apprendraient les meilleures méthodes de travail, ne pourrait-on créer une pépinière d'habiles ouvriers, qui iraient ensuite répandre dans les ateliers toutes les bonnes traditions.

Résumé. Terminons en récapitulant les diverses propositions que nous avons cherché à indiquer :

1° Dans l'industrie, le succès n'est pas toujours la récompense de la capacité ; la société doit tendre à ce que la fortune soit toujours le prix du mérite.

2° La capacité industrielle se traduit, le plus souvent, en invention de nouveaux procédés et de nouvelles machines qui, très utiles à la société, causent souvent la ruine de l'inventeur, ce qui est souverainement injuste.

3° La société retire un grand bénéfice des inventions nouvelles, elle doit donc les encourager, et faire en sorte qu'elles ne demeurent pas inutiles.

4° Il est possible de juger, *à priori*, les inventions qui doivent offrir des résultats avantageux, et par suite, celles dont la société doit assurer la réalisation.

5° On peut facilement atteindre ce résultat dans l'intérêt commun des inventeurs et de la société, en faisant l'avance aux inventeurs des fonds nécessaires ou en leur fournissant les moyens d'exécution.

6° Le gouvernement se rembourserait de cette avance par une part de la propriété de l'invention. Les sommes qui en proviendraient seraient affectées, tant à l'exécution de nouvelles inventions, qu'à adoucir les souffrances que pourraient endurer les ouvriers momentanément déclassés par le nouveau procédé.

7° Il serait possible de réunir les moyens d'expérimentation dans un atelier pouvant former à la fois une école d'arts mécaniques et une retraite pour les bons et habiles ouvriers mécaniciens. CH. LABOULAYE.

IODE (*angl.* iodine, *all.* iod). L'iode, découvert en 1813 par M. Courtois, est un corps simple, solide, que l'on obtient sous la forme de lames rhomboédriques d'un gris d'acier, dont la densité = 4,946. Il est friable, d'une saveur âcre, fusible à 100° et volatil à 175°. Sa vapeur, dont la densité est de 8,716, est d'un violet magnifique. Appliqué sur la peau, il y forme une tache jaune qui disparaît au bout de quelque temps. L'eau en dissout environ 1/700e en se colorant fortement en jaune ; il est au contraire très soluble dans l'alcool, et, lorsqu'on étend d'eau cette dissolution, l'iode se précipite sous forme d'une poudre très divisée. Mis en digestion avec de l'ammoniaque, puis étendu d'eau, il donne naissance à un composé pulvérulent très fulminant, l'iodure d'azote, dont le maniement est extrêmement dangereux.

L'iode, et quelques-unes de ses combinaisons, surtout l'iodure de potassium ioduré, sont employés avec succès dans le traitement des maladies scrofuleuses et des goitres. La propriété qu'il possède de colorer l'amidon en bleu très intense, le rend très précieux pour reconnaître les traces de cette substance.

On extrait l'iode des eaux-mères des soudes de varech, qui le renferment à l'état d'iodure de potassium, en les chauffant dans une cornue avec de l'acide sulfurique concentré, seul, ou mieux mélangé d'un peu de peroxyde de manganèse. L'iodure de potassium est décomposé, il se forme du sulfate de potasse et du pro-

Digitized by Google

toxyde de manganèse, et l'iode mis en liberté se volatilise et vient se condenser dans le col de la cornue. On le sèche en le comprimant entre des feuilles de papier buvard, et on le purifie par sublimation.

L'iode a la plus grande analogie avec le chlore et le brôme. Il forme avec l'oxygène plusieurs combinaisons acides que l'on ne peut obtenir que par des moyens indirects. Il a une beaucoup plus grande affinité pour l'hydrogène, avec lequel il forme l'*acide* HYDRIODIQUE. Il s'unit avec les autres corps simples pour former des *iodures*.

IRIDIUM. Métal découvert en 1803, par Descotils, dans les minerais de platine, et qui doit son nom à ce que les sels offrent des dissolutions très variées. C'est peut-être le plus réfractaire de tous les métaux; il ne donne pas le plus léger indice de fusion à la température à laquelle le platine fond complétement. Cependant, Children est parvenu à le fondre à l'aide d'une décharge de sa batterie électrique. Il a obtenu un globule brillant d'une densité = 18,68. Ordinairement, on l'obtient à l'état d'une poudre grise, semblable à la mousse du platine, et dont la densité = 15,683. Lorsqu'il a été calciné, il est insoluble même dans l'eau régale, mais celle-ci l'attaque avec facilité et le dissout, lorsqu'il est allié à une certaine proportion de platine. Il forme avec l'oxygène quatre oxydes, que l'on obtient en décomposant les chlorures correspondants par un alcali. Nous indiquerons sa préparation en parlant du platine.

IRRIGATIONS. Voyez CANAL.

IVOIRE (*angl.* ivory, *all.* elfenbein). Substance blanche, dure, de la même nature que les os, et qui constitue les *défenses* d'éléphant. Plus dur et d'un grain plus serré que l'os, dont on le distingue aisément par le tissu formé de losanges que présente sa coupe transversale, l'ivoire est susceptible de recevoir le plus beau poli, et se rapproche, par la facilité et la netteté de ses coupes, des métaux les plus ductiles; aussi les arts mécaniques, et surtout celui du tourneur, emploient cette substance à la confection de pièces d'une délicatesse et d'un fini réellement extraordinaires. On fait à Dieppe un commerce très étendu d'objets en ivoire, travaillés avec beaucoup de soin et d'habileté.

L'ivoire qui provient des éléphants d'Afrique est préférable à celui des éléphants de l'Inde; il est plus dur, d'un grain plus serré, et les défenses sont plus grosses; il n'est pas rare d'en trouver de 2m à 2m,25 de longueur et de 0m,15 à 0m,20 de diamètre à la base. Les dents d'hippopotame fournissent une sorte particulière d'ivoire qui surpasse en finesse et en dureté celui qui provient des défenses d'éléphant; mais comme ces dents sont fort creuses, on ne peut l'employer que pour de petits objets; les dentistes l'emploient presque exclusivement à la confection des dents artificielles. Les défenses du morse et celles du narwal fournissent aussi une espèce d'ivoire.

On emploie l'ivoire en feuilles minces pour la peinture à l'aquarelle et pour la marqueterie; dernièrement on est parvenu, au moyen d'une scie cylindrique, à obtenir des manchons d'ivoire qui, fendus sur leur longueur et étendus à la manière du verre à vitre, donnent des feuilles de 0m,30 à 0m,40 de largeur, qu'on emploie au placage des meubles de grandes dimensions, tels que les caisses de piano, etc.

L'ivoire se ternit assez rapidement au contact de l'air et de la poussière, en prenant une couleur jaunâtre. M. Spengler a remarqué qu'il suffisait de l'enfermer sous une cloche ou une cage de verre hermétiquement close pour l'empêcher de jaunir. Les objets ainsi conservés acquièrent même une blancheur plus grande que celle qu'ils avaient primitivement, lorsqu'ils sont exposés aux rayons du soleil. Il a été conduit par cette observation à un procédé fort simple pour blanchir l'ivoire jauni. Il assure qu'il suffit pour cela de le brosser avec de la pierre-ponce calcinée et délayée avec de l'eau, puis de renfermer les pièces encore humides sous une cloche en verre, que l'on expose journellement aux rayons du soleil.

On teint aisément l'ivoire en différentes couleurs, mais pour que la teinture soit solide, il faut laisser tremper, pendant 6 à 8 heures, dans du vinaigre, ou mieux dans une dissolution d'alun, les pièces que l'on veut colorer. On les teindra alors en beau rouge, en les plongeant dans une décoction de bois de Brésil; en jaune, avec une décoction alunée de safran ou d'épine-vinette; en vert, avec un mélange de 3 parties de vert-de-gris et de 1 p. de sel ammoniac dissous dans du vinaigre; en un beau bleu, en les plongeant à plusieurs reprises alternativement dans le bain de vert qui précède et dans une lessive chaude de potasse; enfin le noir s'obtient au moyen d'un bain dans une décoction chaude de bois d'Inde, puis dans une dissolution d'acétate de fer.

Nous rapporterons ici une de ces nombreuses et curieuses découvertes de feu M. d'Arcet, notre savant collaborateur, dont les arts et l'industrie déplorent la perte récente.

M. d'Arcet, en traitant l'ivoire par l'acide hydrochlorique étendu d'eau, obtint de la gélatine brute; il soumit ensuite cette gélatine brute à l'action d'une dissolution de tan : elle devint alors parfaitement infusible et inaltérable par l'air et par l'eau, et en la veinant au moyen d'une dissolution d'or et d'argent, il obtint un produit tout-à-fait semblable à l'écaille rouge, si chère aujourd'hui, et si recherchée pour les beaux ouvrages de tableteries.

La gélatine ainsi préparée peut se travailler et se souder comme l'écaille. Au moyen de quelques précautions, on peut réduire en gélatine des objets d'ivoire préalablement façonnés, sans qu'ils se déforment, puis les tanner et leur donner l'apparence de l'écaille, de manière à produire une illusion complète.

En calcinant au rouge, en vases clos, des râpures et rognures d'ivoire, on obtient un charbon d'une belle couleur noire qui, broyé à l'eau, est employé en peinture sous le nom de *noir d'ivoire*.

J

JACQUART (*métier à la*). Voyez TISSAGE.

JAIS ou JAYET. Variété de LIGNITE jouissant d'un éclat très vif, et autrefois très employé pour la confection de parures de deuil, etc. La mode est actuellement passée, et les fabriques qui l'exploitaient sont presque entièrement tombés.

JAUGEAGE. Voyez HYDRAULIQUE.

JAUNE. Voyez COULEURS.

JAUNE MINÉRAL ou JAUNE DE NAPLES. Belle couleur très solide, employée non seulement dans la peinture à l'huile, mais encore dans la peinture sur porcelaine et sur émail. Sa préparation a été longtemps

Digitized by Google

tenue secrète, et encore actuellement, peu de recettes publiées donnent de bons résultats. L'une des meilleures, dit-on, consiste à mélanger intimement 3 parties d'antimoine métallique avec 2 p. de minium et 1 p. d'oxyde de zinc, à fondre le tout ensemble, puis à réduire la masse fondue en poudre très fine.

JETS D'EAU. Voyez HYDRAULIQUE.

K

KALÉIDOSCOPE. Cet instrument, qui est fort ancien, car il paraît avoir été inventé par Porta, et est décrit dans son livre de la *Magie naturelle*, publié en 1565, nous a été en dernier lieu rapporté d'Angleterre, où il a été perfectionné par le docteur Brenster. On sait que cet instrument se compose essentiellement de miroirs inclinés qui reproduisent et multiplient l'image de l'objet placé en avant, de manière à former des rosaces. La multiplication des objets est en raison de l'angle des miroirs ; ainsi pour avoir 5, 6, 10 images du même objet, il faudra donner à l'angle des miroirs 1/5, 1/6, 1/10 des circonférences, mais que le rapport s'exprime toujours par un nombre entier, autrement les images se superposeraient et deviendraient confuses. En remuant l'instrument les petits objets placés à l'extrémité, entre deux verres, se remuent et le dessin change.

Il paraîtrait que cet instrument, qui fournit ainsi une infinité de dessins analogues à ceux convenables à l'impression des étoffes, devrait être fréquemment employé par les dessinateurs ; quelques-uns l'emploient en effet, mais la nécessité où l'on est de dessiner d'après l'image comme d'après un tableau et l'inconvénient de placer à chaque instant son œil à l'oculaire du tube, ont fait sinon renoncer entièrement, du moins beaucoup restreindre son emploi.

M. Rouget de Lisle a cherché à rendre plus commode l'emploi de cet instrument; il a adapté au kaléidoscope ordinaire une lampe à réflecteur qui éclaire l'image, et, au moyen d'une chambre noire, il transporte l'image sur une glace dépolie, où il est facile d'en décalquer, sur un papier transparent, et les couleurs et les contours ; de plus, M. Rouget de Lisle a perfectionné le kaléidoscope en disposant les miroirs de manière à avoir des images de rosaces plus ou moins grandes, des images en ligne droite ou *bordures* plus visibles et des images en *coin* : le *coin* s'obtient en plaçant les miroirs à angle droit.

Jusqu'à présent, par le kaléidoscope, on n'obtenait que la rosace en plaçant les deux miroirs sous un angle aigu, et la bordure en rendant les miroirs parallèles entre eux.

La fig. 1310 représente une élévation latérale de l'instrument.

Fig. 1311. Coupe verticale du mécanisme intérieur.

Fig. 1312. Section horizontale du même mécanisme.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans ces trois figures.

a, kaléidoscope de 20 centimètres de longueur sur 4 1/2 centimètres de diamètre.

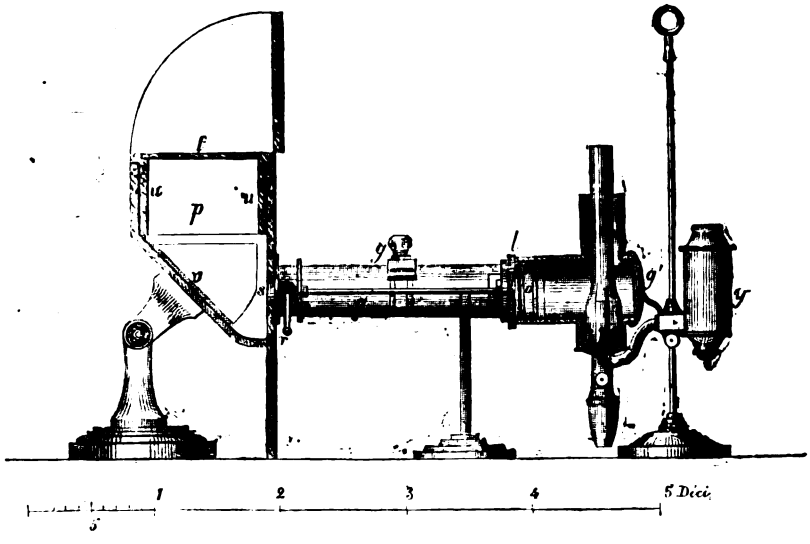
i, *k*, portions de cercle dentées et fixées à charnière en *c*, *d* sur l'arête des miroirs *e*, *f*, fig. 1311.

g, bouton emmanché sur l'arbre *h* servant à faire mouvoir en sens contraire les deux portions de cercle *i*, *k*, fig. 1312, par l'intermédiaire du pignon *m*.

l, cercle denté mû par le pignon *b*, lorsqu'on tourne la manivelle *n* afin de faire varier les éléments colorés du dessin, lesquels sont placés dans la boîte catoptrique *o*.

p, chambre obscure montée sur un socle en bois recevant deux tiroirs *q*, *q* : elle est mobile à volonté autour du bouton à oreiller *r*.

s, objectif achromatique dont le foyer se trouve sur

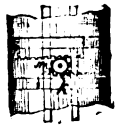


1310.

1311.



1312.



Digitized by Google

une glace transparente ou dépolie *t* placée horizontalement dans un châssis à coulisse *u*.

v, glace étamée, ou mieux, prisme plan convexe, destiné à réfléchir les images ou dessins sur la glace horizontale *t*.

æ, écran en bois formant le couvercle de la chambre obscure et dressé pour intercepter les rayons lumineux qui ne partent pas du kaléidoscope; un bouton à vis fixe la position du châssis *u* et celle de la glace *v* qui reçoit l'image réfléchie.

y, lampe à double courant d'air avec un réflecteur *y'*: elle est disposée pour éclairer les éléments du dessin, c'est-à-dire pour que les images soient vues plus nettes et plus vives.

z, support à coulisse destiné à soutenir le kaléidoscope lorsque celui-ci est fixé sur la chambre obscure.

Fonctions de l'appareil. Après avoir placé toutes les pièces de l'instrument, on met au foyer en élevant le châssis à coulisse *u*. Lorsque l'image est au point, c'est-à-dire lorsqu'elle est nette et vive, on arrête le châssis au moyen d'un bouton à vis, afin de prévenir tout dérangement; ensuite on recouvre la glace polie d'une feuille de papier transparent, verni et quadrillé, sur laquelle on imite toutes les couleurs de l'image produite, à la façon des dessinateurs metteurs en carte.

Toutefois on peut enlever la glace polie et la remplacer par une glace dépolie sur laquelle les images se peignent avec une grande netteté; alors on copie l'image sur une feuille de papier ordinaire ou quadrillé, et on lui donne du premier coup les formes et les dimensions voulues.

Pour avoir une image circulaire, il faut incliner les miroirs en tournant le bouton *g*, fig. 1311, de gauche à droite, lorsque les miroirs sont parallèles. Si l'on veut, au contraire, former une bordure ou un dessin continu et rectangulaire, on dispose les miroirs parallèlement l'un à l'autre, comme on le voit fig. 1311, en tournant de droite à gauche lorsque les miroirs sont inclinés.

Enfin, si l'on place dans la boîte catoptrique *o* un dessin rectangulaire et transparent de manière à former avec la glace *e* ou *f* un angle de 45°, on obtient, par réflection, une image formant un coin ou triangle rectangle.

Observations. Au besoin, la chambre obscure *p*, seule pourrait servir à réduire et à simplifier des dessins placés verticalement à une distance voulue et éclairés directement ou par transparence à l'aide d'une lampe munie d'un réflecteur concave. Dans ce cas, on supprime le verre dépoli qui ferme la boîte catoptrique ainsi que les éléments colorés et les dessins eux-mêmes servant d'éléments.

On peut former des images multipliées au moyen des dessins eux-mêmes en se servant du kaléidoscope.

KAOLIN. Voyez ARGILE.

KERMÈS (*angl.* kermes-grains, *all.* kermes kœrner). On désigne sous ce nom les corps desséchés des femelles du genre *coccus ilicis*, insecte qui croît sur les feuilles du *quercus ilex*, et qui fournit une matière colorante rouge. Le kermès était déjà connu en Orient du temps de Moïse, et on l'emploie dans l'Inde, depuis l'antiquité la plus reculée, dans la teinture des soies; il était également connu des Grecs et des Romains, et Pline rapporte que les habitants de la péninsule ibérique payaient aux Romains la moitié de leur tribut en kermès. Actuellement le principal centre de production de kermès est le département des Bouches-du-Rhône.

Du 9e au 14e siècle, les paysans étaient obligés, dans beaucoup de parties de l'Allemagne, de livrer chaque année aux couvents une certaine quantité de kermès plus foncé et plus gros que le précédent; c'était le *coccus polonicus*, qui s'attache surtout aux racines du *scleranthus perennis*, de la potentille, de la tormentille et de la pimpinelle. Ce kermès était principalement expédié à Venise, où il alimentait les teintureries d'écarlate. Actuellement on n'en récolte plus guère que dans les plaines sableuses de la Pologne et de l'Ukraine.

On trouve en Sibérie, sur les racines de fraisier, une variété particulière, le *coccus fragariæ*.

Enfin, dans le sud de la Russie, on trouve le *coccus uva ursi*, qui est presque deux fois aussi gros que le *coccus polonicus*, et qui, avec l'alun, donne une belle couleur rouge.

Le kermès ordinaire se présente sous la forme de grains ronds légers, de 2 à 3 millim. de diamètre, d'un rouge-brun, ayant une saveur piquante et une odeur qui n'est pas désagréable. La matière colorante qu'il renferme est soluble dans l'eau et l'alcool; les acides la rendent brunâtre, et les alcalis la font tourner au violet ou au rouge carmin. Avec les dissolutions de fer, elle donne sur la laine une couleur noire, du rouge de sang avec l'alun, du gris vif avec un mélange de sulfate de fer et de crème de tartre, de vert-olive avec un mélange de sulfate de cuivre et de crème de tartre, du brun de cannelle très vif avec un mélange de sel d'étain et de crème de tartre, et du violet avec un mélange de sulfate de zinc et de crème de tartre. Les couleurs d'écarlate et de cramoisi obtenues avec le kermès sont très solides.

Les bonnets rouges, importés en si grande quantité de France en Turquie, sont généralement teints avec un mélange à parties égales de garance et de kermès.

Depuis la découverte de l'Amérique, le kermès a été presque entièrement remplacé dans la teinture par la COCHENILLE, qui fournit une couleur plus riche.

KERMÈS MINÉRAL. Sulfure d'antimoine préparé artificiellement, en dissolvant du sulfure d'antimoine natif dans une dissolution bouillante de carbonate de potasse filtrant à chaud. Par le refroidissement, le kermès se dépose sous la forme d'une poudre d'un brun-rouge employée en médecine.

KIRCHWASSER. Liqueur spiritueuse d'un goût très agréable, dû à une faible quantité d'acide hydrocyanique ou acide prussique, et que l'on prépare dans la Forêt-Noire, ainsi qu'il suit: on choisit les merises les plus pures et les plus saines; on en enlève les queues; on les écrase sur une corbeille d'osier, et on en reçoit le jus dans un cuvier; on pèse le mare, on en pile le quart seulement que l'on mêle avec le jus, et l'on abandonne le tout à la fermentation, à une température de 15 à 30°, en ayant soin de couvrir imparfaitement le cuvier. Quand la fermentation est achevée, on tire la liqueur au clair, et on la distille comme à l'ordinaire.

KOUMISS. Liqueur que les Kalmoucks préparent en faisant fermenter du lait de jument, et qui, soumise à la distillation, donne une liqueur spiritueuse d'une odeur désagréable à laquelle ils donnent le nom de *rack*.

Digitized by Google

L

LABDANUM. Le *labdanum*, ou *ladanum*, est une résine onctueuse d'une odeur agréable qui se trouve sur les feuilles et les branches du *cystus creticus*, plante qui croît dans l'île de Candie et dans la Syrie. Naturellement c'est une substance molle et d'une couleur brune foncée; mais elle devient dure quand on la conserve; sa densité = 1,1006; elle a un goût amer. On s'en sert principalement en médecine pour faire des emplâtres.

LACET (*machine à faire le*). Voyez CORDONNET.

ACIDE LACTIQUE. Cet acide, découvert par Schéele dans le petit lait, et retrouvé depuis dans beaucoup d'autres substances fermentées, se prépare ordinairement, en réduisant le petit lait à 1/8 de son volume, filtrant, ajoutant de la chaux, filtrant de nouveau, faisant cristalliser le lactate de chaux, le purifiant par cristallisation, et enfin le décomposant par l'acide oxalique et filtrant.

Pur et concentré dans le vide, l'acide lactique constitue un liquide incolore et sirupeux, renfermant deux équivalents d'eau, et dont la composition est représentée par la formule $C^6\ H^8\ O^6 + 2\ H^2\ O$.

L'acide lactique forme, avec les bases, des sels qui portent le nom de *lactates*; le seul de ces sels qui ait quelque importance au point de vue qui nous occupe, est le *lactate de fer*, très employé en médecine contre les pâles couleurs, etc., et qui se prépare en grand par double décomposition, au moyen du lactate de chaux et du sulfate de fer.

LACTOMÈTRE. Voyez LAIT.

LAINES (FABRICATION DES ÉTOFFES DE). — *Des laines, de leurs caractères et de leur emploi.* La laine est une des matières textiles qui présente au plus haut degré les propriétés les plus recherchées dans la confection des tissus; sa finesse, sa douceur, sa résistance si puissamment développée par sa propriété feutrante, son affinité pour les couleurs, sa faible conductibilité de la chaleur, et ses propriétés évaporatoires et hygrométriques, concourent à donner aux étoffes qu'elle produit la légèreté, la souplesse, la richesse des nuances et les qualités hygiéniques si nécessaires aux vêtements, tentures et tapis.

Ces caractères qui sont plus ou moins développés suivant les nombreuses variétés de laines qu'on rencontre, ont permis à l'industrie de modifier les propriétés des tissus qu'elle sert à fabriquer, de manière à les rendre d'un usage convenable à tous les climats, en utilisant une matière première que presque tous fournissent, et qui a dû dès les temps les plus reculés offrir aux peuples pasteurs les ressources qu'en retire l'agriculture moderne. On peut donc considérer l'industrie des laines comme une des plus anciennes et des plus universelles.

La recherche de son origine nous conduirait nécessairement à répéter ce que la plupart des auteurs, sur la matière, ont déjà dit, et à prouver que les livres les plus anciens qui nous soient parvenus mentionnent les tissus de laine.

Nous nous bornerons à citer les lois du Manou, qu'on considère comme antérieures à la *Bible*, et dans lesquelles il est question d'étoffes de laines et de draps en poils de chèvre (1); mais rien ne nous apprend si ces étoffes de laines étaient feutrées et foulées; tout fait présumer le contraire; le foulage diminuant la souplesse des tissus en augmentant leur propriété conservatrice de la chaleur, a, par cette raison, dû être évité par la plupart des peuples de l'Orient.

Mais quoique l'application de la propriété feutrante de la laine, qui lui donne un caractère si tranché parmi les matières textiles, paraisse plus récente et être due aux peuples du Nord, on n'est pas plus fixé sur le temps, les lieux et les circonstances qui lui ont donné naissance, qu'on ne l'est sur l'origine de la plupart des industries en général. Pline parle cependant du foulage et le fait remonter à une haute antiquité.

Ce qu'il y a de remarquable et ce qui doit d'ailleurs être encore une preuve de l'ancienneté de la fabrication des étoffes de laine drapées, c'est que les premières traces que nous pouvons découvrir des procédés employés, nous montrent que l'on se servait alors de tous ceux pratiqués encore aujourd'hui.

Les statuts, ordonnances, lettres, patentes, sur la draperie et la foulonnerie, remontant au douzième siècle, de précieux vitraux de couleur que les églises d'Elbeuf doivent aux premières corporations des draperies; des échantillons d'étoffes de la même époque que nous avons pu examiner nous ont confirmé ce fait, et prouvent que non seulement tous nos procédés d'aujourd'hui étaient en usage, mais qu'on les appliquait déjà avec beaucoup d'habileté.

Le progrès moderne se borne donc exclusivement à l'amélioration et au perfectionnement des machines qui ont contribué à fabriquer plus vite, plus régulièrement et plus facilement.

Mais cette amélioration due à l'introduction des machines, qui remonte à peine à un demi-siècle, paraît déjà être arrivée à sa limite, si nous en jugeons par les nombreuses et vaines tentatives faites journellement dans la même direction sans pouvoir sortir des errements connus; aussi pensons-nous que la loi du progrès doit désormais recevoir son accomplissement par une autre voie.

Nous espérons éclairer et justifier ces idées par les observations que nous aurons à présenter dans la suite de cet article.

Production de la laine. On sait que la laine employée par l'industrie est une matière cornée, sécrétée, à travers une quantité innombrable de pores ou de filières, de formes plus ou moins régulières dont l'épiderme du mouton est parsemé, que cette substance flexible et cassante se prolonge à l'extérieur de la peau par des développements qui partent de la base et vont se dessécher en s'accumulant au sommet, qu'elle a une constitution et des fonctions analogues à celles des cheveux, poils, plumes, etc.

Elle est le plus précieux rapport du mouton vivant, dont on la récolte annuellement dans la saison chaude (courant de juin) (1), on la désigne alors sous le nom de *laine* en *toison*, pour la distinguer de celle provenant des animaux morts à la boucherie, ou par suite de maladie, que l'on connaît indifféremment sous le nom d'*écouilles*, *pelures*, ou pelades; cette dernière dénomination est plus spécialement usitée dans le Midi pour les laines de Provence.

Les laines de bêtes mortes à la boucherie sont moins estimées que celles de toison, et plus que celles prove-

(1) 120 versets, Ve livre des lois du Manou, traduites du sanscrit par M. Munk.

(1) Dans certains pays la tonte a lieu deux fois par an, au printemps et en automne.

Digitized by Google

nant d'animaux qui ont péri par maladie ; à la cause d'infériorité naturelle vient quelquefois s'ajouter celle du mode de dépouillement qui consiste à enlever la laine par une eau de chaux qui l'énerve encore.

On distingue aussi la *mère-laine* de la *laine d'agneaux*, cette dernière, moins mûre et plus tendre, ne convient qu'à certaines spécialités, à celles qui ont besoin d'un foulage prompt et qui demandent peu d'apprêts.

La laine telle que la fournit le mouton est enduite d'une quantité plus ou moins considérable de matière nommée *suin* ou *surge*, sécrétée par le mouton, elle adhère d'une manière si intime aux brins qu'ils ne peuvent en être complétement débarrassés que par un dégraissage chimique qu'on doit lui faire subir avant sa mise en œuvre, jusque-là la laine conserve le nom de *laine en suin* ou *surge*. Nous traitons dans un autre article du *désuintage* (voyez BLANCHIMENT).

Les caractères, la quantité et les qualités de laine fournis par les animaux diffèrent considérablement suivant la race des moutons, les climats, la nourriture, les soins, l'état hygiénique, les années et les parties du corps de l'animal.

La quantité ou poids de la toison fournie par chaque animal, varie de 1 kilogr. 1/2 jusqu'a 8 kilogr.

La longueur naturelle des filaments contournés ou non, tels que les produit le mouton, est comprise moyennement entre 0m,08 et 0m,30.

La finesse du diamètre du brin présente des différences de 27 à 18 millièmes de millimètre environ, c'est-à-dire qu'une surface d'un millimètre de diamètre pourrait contenir de 37 à 50 filaments.

A ces variations, il faut ajouter celle de la forme qui diffère d'une manière sensible de celle des cheveux, poils, etc., auxquels nous avons assimilé cette matière, qui, au lieu de présenter des brins d'une longueur développée, à surface lisse comme eux, présente, au contraire, des filaments plus ou moins *ondulés* ou *frisés*, et hérissés de petits crochets recourbés en dehors sur toute sa longueur comme s'ils étaient formés d'une série de petits dés à coudre microscopiques emboîtés les uns dans les autres et allant en s'amincissant de la racine à la pointe.

L'illustre Monge attribua, le premier, la propriété feutrante, que la laine possède presque exclusivement à un degré si développé, à la présence de ces espèces de petites dents de scies qui facilitent l'accrochage et l'enchevêtrement des brins les uns aux autres d'une manière intime.

Mais le foulage complet sur tous les sens ne pourrait avoir lieu si les filaments, outre les caractères que nous venons d'indiquer, n'étaient en même temps éminemment élastiques comme le sont surtout les laines fines dont les brins ont le plus d'ondulations, ce qui les rend d'autant plus propres à la belle draperie foulée, car ces frisures peuvent se comparer, pour la forme, et jusqu'à un certain point pour les fonctions, aux hélices des ressorts métalliques.

Les filaments doués de ces ondulations peuvent, comme eux, être comprimés sous une certaine pression sans rien perdre de leur élasticité naturelle.

C'est cette propriété réunie à celle qu'ont les filaments de s'entrelacer et de pouvoir s'accrocher pendant qu'ils sont comprimés sur leur longueur et leur grosseur, qui détermine le foulage dans tous les sens. Sans la réunion de ces trois caractères, l'élasticité due à la forme, la présence des petites aspérités de la surface du brin, et sa propriété de pouvoir se ramollir et être comprimé sous certaines conditions, comme les matieres cornées en général, le foulage ne pourrait s'opérer régulièrement. La laine longue en offre une preuve ; son peu de disposition au feutrage provient sans doute de l'absence de l'une des conditions, de celle des ondulations qui forment ressort dans les laines fines spécialement employées pour les étoffes foulées (1).

Rapport entre les différents caractères de la laine. Il existe une corrélation assez régulière entre la longueur, la grosseur, les ondulations, la douceur, la flexibilité, et la quantité de *suin* de la laine.

On a remarqué que la finesse était généralement en raison inverse de la longueur, et directement proportionnelle au nombre des frisures, et par conséquent à l'élasticité, que le nombre de courbes qui constituent le frisé ou l'ondulé était variable avec l'unité de longueur, qu'il était d'autant plus régulier que la laine était plus fine. Nous avons constaté avec MM. Girod (de l'Ain) et Perrault de Jotemps, qui se sont occupés avec tant de zèle et de connaissance de ces intéressantes questions, que le nombre des petites spires qui composent le frisé, varie dans une longueur de 0m,27, de 8 à 36 et même au-delà, que cette variation reste circonscrite de 28 à 38 pour les plus belles laines.

Qu'à nombre égal dans une longueur de brin donnée, celui-la sera le plus fin dont les ondulations seront plus petites, plus verticales, et suivront une ligne plus directe.

Il serait difficile de bien déterminer ces différents caractères, si on ne débarrassait, au préalable, la laine de l'énorme quantité de corps étrangers qui la recouvrent, ce qui a lieu par le *désuintage*.

Cette opération se fait tantôt, et le plus ordinairement, par partie, en baignant le mouton avant la tonte, dans une rivière ou un étang, dans lesquels on le savonne ; on dit alors que la laine a été *lavée à dos*, tantôt ce lavage se fait à chaud, par le marchand de laine, après la tonte, c'est ce qu'on nomme le *lavage marchand* ; tantôt enfin l'opération du désuintage se fait une fois seulement et à fond par le fabricant, avant la mise en œuvre de la laine, c'est alors aussi que nous la décrirons.

Nous nous bornerons à constater maintenant les limites dans lesquelles varient les quantités de *suin*, et à dire qu'elle est en général proportionnelle à la finesse.

Les laines les plus fines, telles que les laines d'Allemagne dites de *Saxe-Electorale*, en contiennent jusqu'à 80 p. 100 de leur poids ; les laines les plus communes en contiennent rarement moins de 20 p. 100 ; nos belles laines de la Brie en sont chargées de 60 à 75 p. 100.

Comme le fabricant n'achète jamais sa laine entièrement désuintée, il est important pour lui de pouvoir estimer approximativement, au moins, la quantité de corps étrangers dont elle peut être chargée, et le déchet qu'elle devra éprouver.

L'expérience acquise par un grand nombre d'observations, peut seule initier à cette connaissance et à celle nécessaire pour distinguer tous les caracteres qu'il est important d'apprécier dans cette matière première.

Mais si l'expérience est indispensable pour acquérir ces connaissances délicates, il existe cependant des caractères très tranchés pour les laines, qui sont beaucoup plus faciles à constater et dont il est indispensable de dire quelques mots.

Emploi des laines suivant leurs caractères. L'industrie a d'abord classé toutes les laines, sous le point de vue des produits qu'elle en tire, en deux grandes catégories, en *laines courtes* et en *laines longues*.

Les premières comprennent les laines plus ou moins ondulées ou frisées, des plus fines aux plus communes, et dont la longueur des brins ne dépasse généralement pas 0m,12.

Ces laines qui, par leur nature, sont plus propres

(1) Nous discuterons plus en détail cette question du foulage dans notre ouvrage spécial sur le travail des matières textiles ; nous donnerons alors l'opinion de M. Jobard, qui attribue le phénomène exclusivement à la propriété de la matière cornée.

Digitized by Google

aux étoffes foulées, sont, par conséquent, dès leurs premières préparations, travaillées de manière à les prédisposer à cet effet, et à faciliter leur adhérence qui sera un maxima lorsque les brins s'engrèneront de façon que les pointes et les racines se rencontreront dans des directions opposées.

Le travail des cardes étant le plus propre à produire cet effet, c'est à ces machines que ces laines doivent, par conséquent, être préparées, ce qui les fait désigner sous le nom de *laines à cardes*.

On classe dans les laines longues celles dont la longueur est comprise entre 0m,12 et 0m,25, et même 0m,30.

On recherche ici les qualités opposées à celles dont doivent être douées les précédentes, il faut donc que les filaments soient aussi droits que possible et que l'on fasse disparaître complétement les propriétés feutrantes en les redressant parallèlement entre eux.

Le travail du peigne, si propre à produire ce résultat, a fait donner aux laines qui subissent son opération le nom de *laines à peigne*.

La spécialité des laines cardées comprend au premier rang, par son importance, toutes les espèces d'étoffes de laine plus ou moins feutrées ou foulées pour vêtements, depuis la draperie la plus légère et la plus élégante, jusqu'à la plus corsée et la plus chaude ; depuis les plus riches et les plus brillantes étoffes de fantaisie, jusqu'aux draps pilote et à la couverture du forçat : elle s'étend aux tissus pour ameublements ; du modeste tapis de pied, produit exclusivement par les propriétés feutrantes de la laine, aux magnifiques tapis en fils de laine non feutrée, qui rivalisent avec la peinture monumentale.

Le travail des laines peignées produit toutes les variétés d'étoffes rases et moelleuses, telles que *mérinos, flanelles, mousselines-laines, stoffs, serges, satins de laines, châles*, etc.

La matière première entre moyennement pour moitié dans le poids des draperies, et pour un quart à un tiers dans les étoffes rases ; ces chiffres démontrent de quelle importance doit être l'assortiment convenable des laines, suivant l'espèce d'étoffes à produire.

La science rendrait un service signalé à l'industrie si elle parvenait à établir une classification rationnelle des laines, basée exclusivement sur leur provenance, les races qui les ont fournies, et sur leurs nombreux caractères plus exactement définis ; une grande partie des progrès à attendre désormais dans l'industrie du lainage, est subordonnée, à notre avis, à la conquête de ces connaissances.

En attendant cette amélioration, nous adoptons la classification commerciale qui nous paraît la plus simple et la plus logique. Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter celle présentée par M. A. Pommier, dans un intéressant travail sur les laines, envisagées sous leurs différents points de vue pratiques. Il considère que :

Toutes les laines peuvent être rangées en trois grandes classes, savoir : les *laines communes*, les *laines métis* et les *laines mérinos*.

Des laines communes. Ce sont les moins ondulées et frisées ; leur caractère est plus habituellement lisse ou crépu. Les plus fines d'entre elles sont aussi les plus ondulées et les plus courtes. Leurs longueurs réelles varient entre 0m,08 et 0m,12. Leur caractère le plus distinctif est leur susceptibilité d'extension. De toutes les races communes, ce sont celles qui portent cette espèce de laine qui sont les plus faciles à améliorer au moyen d'étalons mérinos.

Les laines communes les plus plates ou lisses, sont en général très grossières et peu susceptibles d'être employées au cardage et au foulage ; mais comme elles sont assez unies et douces, elles conviennent au peigne. Leur longueur varie de 0m,018 à 0m,27. Les laines de Rio de la Plata présentent cette longueur, et sont de toutes les plus grossières ; elles sont employées à faire des chaussons. Les laines plates et lisses les plus courtes sont celles de *Souabe*. Il en existe qui n'ont que 0m,08 de longueur. En France, la *Normandie*, la *Picardie*, la *Lorraine*, le *Berry* et le *Roussillon* fournissent les laines communes ; ces dernières provinces procurent les meilleures.

La *jarre*, qui n'est point proprement une laine, mais une espèce de poil sans élasticité, qui se termine en pointe, et dont la laine doit être débarrassée, se mêle le plus fréquemment aux laines communes.

Des laines métis. Le classement des laines métis, en ne comprenant même sous ce titre que les laines provenant de croisement entre des béliers mérinos et des brebis de race commune, serait évidemment impossible, attendu leurs innombrables variétés, dont la plupart se confondent avec les laines mérinos. Ce qui va être dit de ces dernières leur sera donc applicable, sauf quelques exceptions de métisage non réussi, qu'il sera facile de reconnaître à l'inégalité de finesse et à l'irrégularité de crue.

Des laines mérinos. Les laines mérinos peuvent être divisées en quatre classes, ainsi qu'il suit :

1re Classe. — Laines de haute finesse.
2e Classe. — Laines de belle finesse.
3e Classe. — Laines de finesse médiocre.
4e Classe. — Laines de finesse inférieure.

Les finesses que l'on peut attribuer à chacune de ces classes sont les suivantes :

1re Classe, de 1/60e à 1/40e de millim.
2e Classe, de 1/40e à 1/35e de millim.
3e Classe, de 1/35e à 1/30e de millim.
4e Classe, de 1/30e à 1/25e de millim.

La longueur moyenne des laines de la première classe, dans leur état naturel et non redressées, paraît être environ de 0m,054 ; c'est celle qui a les ondulations les plus régulières, variant de 28 à 38 par 0m,027 de longueur, ou d'une ondulation à une 1/2 par millimètre.

La deuxième classe présente des brins d'à peu près la même longueur, mais les ondulations varient de 24 à 27 par 0m,027.

Les ondulations de la troisième classe sont de 16 à 23, et sont bien moins régulières dans leur forme ; la longueur naturelle du brin varie de 0m,054 à 0m,10, et leur longueur réelle de 0m,108 à 0m,122.

La longueur de la quatrième classe est la même, et les ondulations sont de 15 environ par 0m,027.

Si l'on réfléchit à tout ce que de semblables observations peuvent présenter de délicat, en l'absence de tout instrument applicable avec exactitude à la détermination des diamètres des brins de laine, on comprendra que ces classifications ne doivent être considérées que comme des approximations.

Presque toutes les localités de France fournissent des laines plus ou moins fines. De nombreuses tentatives ont été faites depuis bien longtemps pour améliorer les qualités de nos laines, et augmenter le revenu qu'elles offrent à l'agriculture.

On a remarqué, en comparant le mouton domestique au mouton qu'on trouve encore à l'état sauvage dans les montagnes de la Sardaigne, de la Grèce, de l'Asie mineure et de la Barbarie, que l'éducation avait une très favorable influence sur la laine de l'animal, qui, à l'état sauvage, ressemble plutôt à des poils grossiers qu'à de la laine. L'amélioration est plus prompte et plus sensible pour la laine du mâle que de la femelle.

Le produit d'une brebis à grosse laine et d'un bélier à laine fine, ne donne pas une qualité qui tienne le milieu des deux, mais une qualité qui approche moitié plus de celle de la laine du père ou de celle de la mère. En opérant un nouveau croisement avec une femelle,

Digitized by Google

produite par le premier avec un mâle de la même race que la première fois, on obtient une nouvelle amélioration de moitié, c'est-à-dire une laine de 3/4 plus fine que celle de l'aïeule.

En procédant d'une manière inverse, la laine se détériorerait aussi rapidement. Il faut donc avoir soin dans les troupeaux à ce que les béliers, surtout, portent la laine que l'on a en vue de produire.

On a remarqué aussi que les moutons fournissant la laine à peigne, viennent convenablement dans des terrains un peu humides et peuvent supporter un climat brumeux, tandis que les terrains secs et même légèrement pierreux, sont essentiels aux petits moutons fournissant généralement les laines à cardes.

C'est guidé par ces observations qu'on a cherché à perfectionner constamment la laine, en croisant nos troupeaux indigènes avec des béliers étrangers produisant les laines les plus estimées.

La première tentative heureuse date du règne de Louis XVI, qui confia au naturaliste Daubenton la direction de 200 brebis et béliers de race pure, provenant de Léon et Ségovie ; cette première tentative fut bientôt suivie d'une nouvelle acquisition de 367 moutons de la même race, qui formèrent la souche des troupeaux de Rambouillet. Plus tard, en 1797, la France, par le traité de Bâle, obtint de nouveau de l'Espagne 5,500 brebis et béliers, choisis dans les plus beaux troupeaux de la Castille, qui servirent à former six établissements nouveaux sur le modèle de Rambouillet.

Tous les gouvernements continuèrent dès lors à propager l'amélioration des races, et furent activement secondés par quelques célèbres industriels, au premier rang desquels nous devons citer l'honorable Ternaux, dont tout le monde connaît les services rendus à l'industrie des laines et du cachemire.

Malgré tous ces efforts, et quoique nous produisions presque toutes les qualités de laine, nous sommes loin encore de pouvoir nous suffire à nous-mêmes. Sur les 250 millions de francs de laines environ qui se fabriquent en France maintenant, il nous en vient pour 35 à 45 millions des différentes contrées étrangères.

L'Allemagne expédie surtout une grande partie de laine de première finesse, dite laine de *Saxe-Électorale*, employée à la plus belle draperie.

L'*Espagne*, qui, il y a un demi-siècle à peine avait encore presque tout le monopole des laines fines employées pour notre belle draperie, ne nous fournit plus aujourd'hui que des laines pour la draperie commune et pour le peigne.

Les importations de la Russie prennent tous les jours plus d'extension, depuis que la draperie de fantaisie, dite *nouveauté*, a pris du développement ; cet article n'étant que légèrement foulé emploie avantageusement les laines tendres que produit plus spécialement ce pays.

L'Afrique, les *Échelles du Levant*, *Buénos-Ayres*, importent des laines généralement communes, employées pour matelas, lisières, bonneteries et grosses étoffes.

L'industrie des laines, chez nous, n'a aucune rivale à l'étranger sous le rapport du progrès, pas même en Angleterre, où nos fils fins en laine peignée peuvent se placer avec avantage.

Il n'en est pas de même pour la fabrication ordinaire et commune, mais cela tient certainement à la différence des éléments de production, dont une partie pourrait être améliorée en modifiant certains articles de la loi des douanes, dont la discussion paraît épuisée, et la modification est réclamée en faveur du pays en général par les hommes les plus compétents et les plus désintéressés dans la question.

Les principaux centres qui emploient les laines en France sont par ordre de quantités.

Reims et ses environs pour les laines peignées ;

Elbeuf, où se fabriquent toutes les espèces de draperies, depuis les plus communes jusqu'aux plus fines ;

Sédan et son arrondissement pour la draperie et les nouveautés. Cette localité est encore le principal point pour les beaux draps noirs ; c'est elle qui a donné naissance aux plus beaux articles de nouveautés en laine cardée.

Louviers, qui s'est livré plus spécialement aux qualités fines et à la filature des laines d'Elbeuf ;

Dans le midi, Carcassonne, Lavlanet, Mazamet, Castres, Lodève, Bédarieux, Saint-Pont, Saint-Chignan, Saint-Calombe, Clermont, Lodève, etc.

Ces dernières localités produisent de la draperie commune, des draps de troupes, et pour l'exportation des échelles du Levant.

Dans le centre, Châteauroux fait les mêmes articles ; une seule maison très importante fait des draps plus chers et pour la fourniture des officiers.

Limoges produit une quantité assez considérable d'étoffes généralement rayées, à très bas prix, non foulées, tirées à poil et tissées avec chaînes en fils de coton retors et trames en laine.

Aubusson fabrique presque exclusivement les tapis produits avec des laines communes, doublées et tordues après le filage.

Il en est de même de Beauvais.

Il existe encore quelques autres points moins importants.

Vienne, Mouye, Nancy, Metz et Orléans pour la draperie commune et la couverture ; Paris et quelques localités du Nord pour les laines peignées et les couvertures.

Quoiqu'il y ait peu de différence dans le mode de travailler la même spécialité dans les différentes localités françaises et étrangères, il existe cependant quelques modifications pour certaines opérations principales, que nous aurons soin d'indiquer lorsque nous nous occuperons de chacune d'elles.

Pour mieux faire comprendre les opérations successives auxquelles on soumet les laines dans les deux grandes spécialités qui constituent leur travail, nous croyons devoir procéder par la nomenclature de ces opérations et le but qu'elles se proposent, en les réunissant suivant l'ordre de leur exécution dans chaque spécialité, et en commençant par la description de l'industrie la plus simple, celle des laines peignées.

Travail des laines peignées. Ce travail comprend les opérations, 1° du *désuintage*, du dégraissage qui ont pour but de débarrasser la matière aussi complétement que possible de son suin, et des corps étrangers que ses filaments pourraient retenir.

2° Du *battage* pour les séparer des corps durs, de la poussière, et pour rendre l'élasticité aux fibres.

3° Du *peignage* qui a lieu soit à la main, soit mécaniquement, afin de redresser et de ranger toutes les fibres entre elles aussi parallelement qu'on pourra, et de faciliter leur glissement.

4° Du *défeutrage* qui, tout en continuant l'effet du peignage, transforme les mèches en rubans continus.

5° Du *laminage* et *doublage* pour égaliser, étirer, et consolider le ruban de manière à l'amener à la finesse et à la longueur voulues. Cette opération est répétée un certain nombre de fois proportionnellement à la finesse que l'on veut atteindre.

6° Du *tortillonnage* pratiqué pour arriver à étendre les filaments à leur maximum, sans les énerver, afin de détruire complétement les tendances feutrantes que la laine aurait pu conserver, après le tortillonnage, la même série d'opérations (excepté les deux premières) est renouvelée sur la laine tortillonnée.

7° Du *filage en gros* ou préparations aux bobinoirs, dans le but de raffermir le ruban, lui donner plus de cohésion et de l'arrondir.

8° Du *filage en fin* au Mull-Jenny.

9° Du *dévidage* pour transformer les bobines en éche

Digitized by Google

veaux, livrés ensuite au tisseur ou au teinturier, suivant que l'étoffe doit être teinte en pièce ou en fil.

10° Les apprêts après le tissage se bornent à des blanchissages au soufre, des grillages, pour enlever le duvet, à des tondages dans le même but, et quelquefois à un lustrage par le passage entre des cylindres chauffés, et enfin au pressage et au pliage.

Les opérations dans la draperie sont plus nombreuses encore, elles consistent dans :

1° Le *désuintage* et le *lavage*.

2° La *teinture*, lorsqu'elle est destinée à faire des draps fins bons teints, qui doivent par conséquent être teints en laine, afin que la matière colorante pénètre bien tous les filaments.

3° Le *battage* et dans le *louretage* de la laine, pour la débarrasser de tous corps étrangers et lui rendre toute son élasticité.

4° Le *graissage* entre les deux louvetages de la laine pour adoucir les aspérités que présentent les filaments et faciliter les opérations ultérieures.

5° Le *cardage* pour dénouer, redresser et mélanger les filaments dans tous les sens, afin de faciliter leur réunion par l'accrochage auquel leur constitution les prédispose.

Cette opération est généralement répétée deux fois pour que l'exécution en soit plus parfaite (1).

6° Le *filage en fin* au Mull-Jenny.

7° Le *dévidage* pour chaîne ou pour trame.

8° L'*ourdissage* dans le but de disposer les fils de la chaîne aussi parallèlement que possible, et suivant le tissu que l'on a en vue de produire.

9° L'*encollage* pour consolider les fils, pour éviter leur rupture au tissage.

10° Le *tissage* ou transformation des fils en étoffes.

11° Le *dégraissage* pour faire disparaître la matière grasse, que l'on a mise aux premières opérations.

12° L'*épinçage* ou *épincetage* dans le but d'enlever toutes les matières étrangères qui pourraient se trouver mélangées au tissu.

13° Le *foulage* pour resserrer les fils entre eux dans tous les sens, afin de transformer la toile de laine en draps, et lui donner les propriétés tranchées qui le distinguent des autres tissus.

14° Le *lainage* qui s'exécute pour faire reparaître et égaliser à la surface du tissu les filaments de la laine qui avaient été froissés par l'action du foulage.

15° Le *tondage* pour couper ces filaments aussi courts que possible sans cependant découvrir la liaison des fils qui constitue la charpente de l'étoffe.

Ces opérations du lainage et du tondage sont réitérées alternativement un très grand nombre de fois, suivant la qualité du drap.

16° Le *séchage à la rame*, qui se fait en étendant et faisant sécher la pièce sur les dimensions qu'elle doit conserver.

17° Le *passage à la vapeur* dans le but de produire le brillant de l'étoffe.

18° Le *décatissage* pour que l'apprêt à la vapeur soit solide et empêcher l'eau de tacher.

19° Le *pressage à chaud*, entre des cartons lisses, pour redonner du brillant.

20° Le *pressage à froid*, afin de donner les derniers apprêts.

21° Enfin l'*entoilage et la mise en balles*.

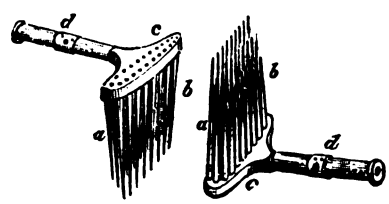
Pour compléter tout le travail des laines nous ferons suivre leur fabrication ordinaire par une description succincte de l'industrie des draps feutrés.

Nous allons décrire successivement toutes ces opérations en renvoyant pour celles du désuintage, de la teinture et du tissage, aux articles BLANCHIMENT, TEINTURE et TISSAGE.

Du peignage. Le peignage de la laine a beaucoup d'analogie avec celui du lin, le but est le même, si les moyens sont modifiés, c'est à la différence des caractères de ces matières, que ces modifications sont dues, mais pour l'une et l'autre substances, il s'agit de redresser les filaments, de les ranger aussi parallèlement que possible, en les débarrassant de corps étrangers, et de remplir par conséquent les fonctions analogues à celles de nos peignes par rapport aux chevelures ; seulement dans la laine, les filaments sont distincts, tandis que dans le lin, ils sont encore agglutinés, et il faut les séparer les uns des autres et les rendre flexibles, car ils sont loin d'avoir l'élasticité et l'onctuosité des fibres de la laine, qui sont telles qu'elles se condensent et se collent entre elles, de façon que le peigne ne pourrait pénétrer dans la masse si, au lieu de l'employer à froid et à sec, comme cela a lieu pour le peignage des matières végétales, on ne chauffait préalablement les aiguilles du peigne à un certain degré pour ramollir la matière cornée et on n'employait la laine qu'après l'avoir graissée et conservée légèrement humide, afin de lui donner une flexibilité suffisante pour la mettre à l'abri des ruptures que les dents pourraient occasionner sans cela.

Le peignage de la laine, comme celui du lin, se fait encore tantôt à la main et tantôt mécaniquement.

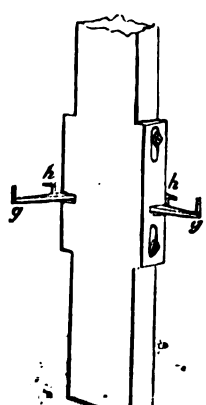
Peignage de la laine à la main. Trois ustensiles sont nécessaires à cette opération : 1° une paire de peignes par ouvrier ; 2° un poteau auquel on peut fixer l'un des peignes ; 3° un petit poêle ou réchaud pour chauffer les dents du peigne, chaque peigne est composé de deux ou trois rangs de dents d'acier coniques et pointues *a b* (fig. 1313), disposées sur deux ou trois plans paral-



1313.

lèles, chaque rang étant un peu plus long que le précédent ; elles sont fixées à une tête de bois *c*, qui est recouverte de corne, et munie d'un manche *d*, placé à angles droits avec les lignes des dents.

Les espaces entre les deux ou trois plans de dents sont d'environ 6 millimètres à leur partie inférieure, et d'un peu plus à leur sommet ; on commence d'abord par peigner, lorsque les fibres sont les plus mêlées, avec le peigne à deux rangs, puis on finit avec celui à trois rangs.



1314.

Un poteau est planté dans l'atelier (fig. 1314) pour y mettre de temps en temps les peignes pendant l'opération.

A ce poteau est fixée une tige de fer horizontale *g* relevée à son extrémité de manière à être introduite dans le trou du manche du peigne. A son point d'insertion dans le poteau, il y a une autre pointe *h* pénétrant dans le bout creux du manche, qui, entre ces deux crochets, est fortement maintenu au poteau.

(1) Nous supposons ici qu'on emploie les cardes continues, qui transforment la laine en rubans et dispensent du *filage* en gros.

Digitized by Google

Le poêle consiste ordinairement en une plaque de fer, chauffée par le feu ou par la vapeur, et surmontée d'une plaque semblable, placée à un intervalle suffisant pour permettre d'introduire les dents entre ces plaques par un côté qui reste ouvert, tandis que l'espace contenu entre leurs bords sur leurs autres côtés est fermé pour retenir la chaleur.

Lorsque l'ouvrier peigne la laine, il la prend par mèches d'environ 12 grammes chaque, l'arrose d'huile ou graisse avec du beurre, et la roule dans ses mains afin de rendre tous les filaments également onctueux.

Quelques laines dures et sèches demandent un seizième de leur poids d'huile, d'autres n'en demandent qu'un quarantième ; il attache ensuite au poteau un peigne chauffé avec ses dents tournées en haut, saisit une moitié de la mèche de laine dans ses mains, la jette sur les dents en la faisant passer à travers, et cela à plusieurs reprises, laissant à chaque fois quelques filaments droits sur le peigne ; quand le peigne a ainsi recueilli toute la laine, il est introduit dans le poêle avec ses pointes chargées de la laine pendant en dehors et exposée à l'influence de la chaleur ; l'autre peigne, qui vient d'être retiré chaud du poêle, est placé sur le poteau et garni des 8 à 10 grammes de laine qui reste, après quoi il remplace celui qui est dans le poêle ; ayant alors les deux peignes chauffés, il en tient un de la main gauche sur son genou, étant assis sur un tabouret peu élevé ; et saisissant l'autre de la main droite, il peigne la laine sur le premier, introduisant les dents de l'un des peignes dans la laine fixée dans l'autre, et les tirant en travers.

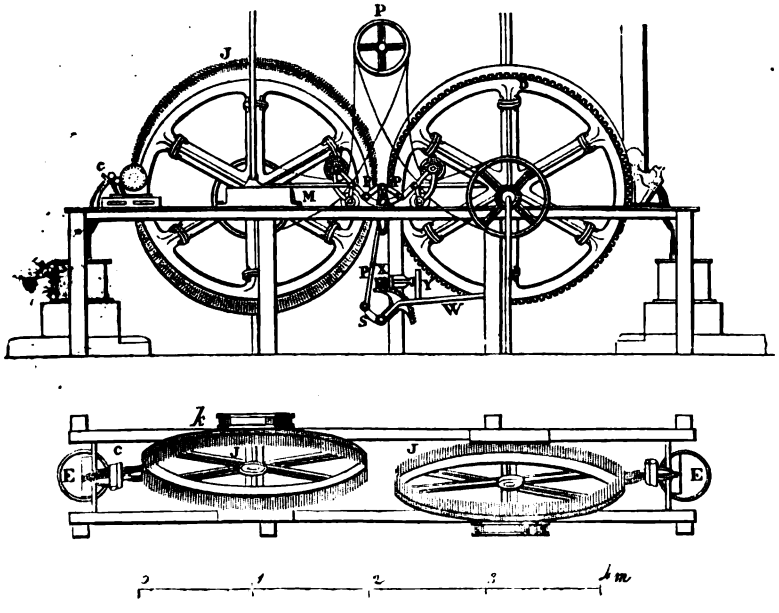
Cette manipulation se répète jusqu'à ce que les fibres soient parallèles comme une mèche plate de cheveux ; il est convenable de commencer par peigner le bout de la mèche et d'avancer progressivement d'une extrémité à l'autre jusqu'à ce que les dents s'engagent ensemble autant que possible, sans qu'il y ait froissement ; si l'ouvrier agissait autrement, il risquerait de briser les filaments, ou arracherait tout à fait leurs bouts de l'un des peignes. Les flocons qui restent à la fin de l'opération, parce qu'ils sont trop courts pour pouvoir être saisis par la main du peigneur, se nomment *blouses*, tandis que la laine peignée longue se nomme *cœur*.

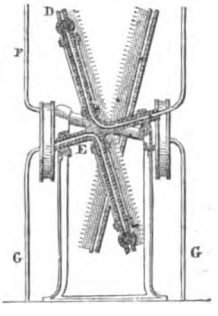
Les blouses ne peuvent être filées comme laines rases à une grande finesse ; elles sont réservées pour la fabrication du gros drap.

Quand la laine est finalement tirée du peigne on la laisse refroidir ; on la dispose ensuite en paquets de dix ou douze poignées.

Beaucoup de tentatives ont été faites pour exécuter le peignage de la laine mécaniquement, mais jusqu'à présent une seule machine a été employée en France avec succès. Cette peigneuse, qui fut inventée par J. Collier, en 1827, continuant à se propager et à donner de bons résultats, mérite une description tant sous le rapport des services que sa propagation paraît être appelée à rendre encore, que sous le rapport de l'intérêt que présente sa conception mécanique, dont le principe paraît avoir été conçu par M. Godart d'Amiens, qui prit un brevet d'invention en 1825, pour une machine analogue, dont il céda la propriété à M. Collier. La fig. 1315 représente le plan ; la fig. 1316 une vue de côté, et la fig. 1317 une coupe transversale de cette machine.

1316.





1317.

1315.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes parties dans les trois figures.

On voit que les peignes se composent chacun d'un grand cercle creux en fonte D, assemblé avec six bras également creux, et réunis à un moyeu commun.

La coupe, fig. 1317, indique que le plan du cercle forme un certain angle avec la verticale, et que son axe creux E n'est pas horizontal, mais forme un angle d'environ 14° avec elle ; cet axe communique avec la chaudière à vapeur par le tuyau recourbé F, et avec l'air extérieur par le tuyau G ; le tuyau F laisse arriver la vapeur dans la jante en passant par 5 bras de la roue afin de chauffer les dents du peigne, le sixième bras laisse échapper la vapeur qui a servi par le tuyau G. Chaque peigne circulaire porte une double rangée de dents, ou broches en acier de forme conique très aiguë

Digitized by Google

et implantées dans la jante ; la rangée intérieure est moins longue que l'autre, et correspond aux vides de celle-ci; ces dents ou aiguilles doivent avoir une inclinaison telle, que lorsque les deux peignes sont rapprochés l'un près de l'autre, les dents en contact sont horizontales; de chaque côté des roues se trouvent une paire de cylindres lamineurs et étireurs c qui reçoivent la laine qui a été peignée pour la transformer en un ruban continu qui se rend dans le cylindre qui lui sert de récipient.

Les deux roues peigneuses sont disposées de manière à pouvoir s'écarter et se rapprocher à volonté, afin de travailler progressivement toutes les parties engagées dans les dents, au moyen d'une combinaison de leviers que l'on voit en O, M, P, Q, S, W.

Les peignes circulaires reçoivent par conséquent deux mouvements, un mouvement de rotation autour de leur axe par la poulie *k*, qui reçoit elle même son mouvement de la poulie motrice P, et un mouvement de translation en avant ou en arrière, de manière à se rapprocher ou à s'écarter à volonté; mais l'axe des roues peigneuses étant incliné, et devant être commandé par une courroie qui doit rester constamment dans un plan vertical, on conçoit qu'il faut une disposition spéciale pour que la poulie de commande *k* reste toujours dans le même plan. Il faut donc qu'elle ne fasse pas corps avec l'arbre; ce qui a lieu au moyen d'un assemblage à rotule, dont on peut voir la description détaillée dans l'intéressante publication industrielle de M. Armengaud aîne, qui donne avec le plus grand soin toutes les parties de cette ingénieuse machine à peigner, avec les modifications qui y ont été apportées par MM. Risler et Schwartz, de Mulhouse, dans l'établissement desquels nous les avons vus fonctionner exclusivement, et avec le plus grand succès.

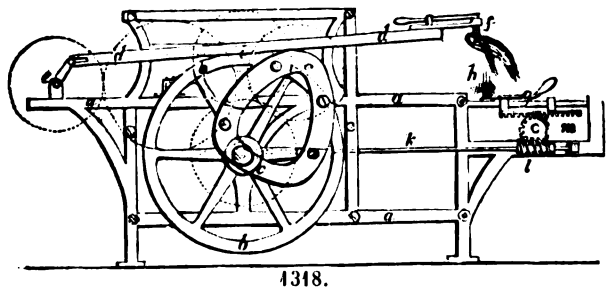
Pour opérer le *peignage*, on rapproche les roues l'une de l'autre, après avoir garni leurs dents chauffées de laine, et après avoir engrené la poulie motrice *h*; le rapprochement entre les roues a lieu au moyen du volant *y*, qui agit sur le système de leviers disposés à cet effet. Ce mouvement est réglé de manière à se ralentir à mesure que l'opération touche à sa fin; ce qui arrive après un nombre de tours de roue déterminé pratiquement : les roues se sont alors enlevé réciproquement leur laine, en la faisant passer dans leur double rangée de dents, ce qui a produit le peignage. Ce travail terminé, on écarte les roues, et on rapproche les chariots qui portent les cylindres lamineurs, et un pignon qui leur communique le mouvement, et qui engrène avec une roue disposée à cet effet sur les roues peigneuses, qui reçoivent alors un nouveau mouvement qui sert à faire passer la laine de leurs peignes entre les cylindres étireurs, après que l'on a commencé à y engager un point quelconque à la main.

On reprochait autrefois à cette machine de faire plus de blouses que le peignage à la main; MM. Risler et Schwartz nous ont assuré du contraire, depuis qu'ils y ont apporté d'ingénieuses modifications.

On a cherché à construire, en Angleterre, une machine à peigner pouvant servir au travail de la laine et du lin. Cette machine, pour laquelle M. James Noble, filateur à Kalifon, s'est fait breveter en 1834, est représentée en coupe dans la figure 1318.

Le bâti *a a* supporte l'arbre de la roue *b b*, sur des appuis convenables qui se trouvent de chaque côté; sur le devant de cette roue est fixée la roue excentrique en cœur *c c*.

A la partie supérieure de la circonférence de cette dernière roue, un levier *d d* se maintient par son seul poids; l'un des bouts de ce levier est fixé par une articulation à la manivelle *e*; par la rotation de la manivelle *e*, on voit que le levier *d* glissera, par un mouvement de va-et-vient, sur la partie supérieure de la circonférence de la roue en cœur ou excentrique *c*; le bout extérieur de ce levier *d*, portant le peigne mobile supérieur ou pointes d'aiguilles *f*, décrivant dans son mouvement une courbe elliptique, laquelle courbe dépendra de la position de la roue en cœur *c* qui dirige le bout du levier.



1318.

Un cadre mobile *g* porte une série de pointes *h*, qui constituent le peigne ou les aiguilles inférieures.

La main de l'ouvrier place entre ces aiguilles la laine brute, pour qu'elle soit tirée et peignée par les mouvements du peigne mobile supérieur.

Comme il est important, pour qu'il n'y ait pas de perte, que les bouts de la laine soient d'abord peignés, et que les pointes pénètrent progressivement dans la laine, on commence par reculer aussi loin que possible le cadre mobile *g*, et l'action du levier *d*, pendant toute l'opération, est dirigée par les différentes positions de la roue en cœur, de manière à ce que le peigne supérieur pénètre d'abord peu profondément dans la laine; mais, à mesure que l'opération avance, on rapproche par degrés le cadre du peigne inférieur, et les positions relatives de l'excentrique *c* étant aussi changées par degrés, les aiguilles supérieures peuvent alors être tout à fait amenées à travers la laine, pour peigner et rendre droites les fibres dans toute leur longueur.

Pour imprimer les mouvements nécessaires à la machine, elle est munie de roues d'engrenage et de pignons montés sur des tourillons fixés au côté du bâti, lesquels roues et pignons sont indiqués dans la figure par des points, afin d'éviter la confusion. Le mouvement est communiqué par un cheval ou une machine à vapeur, au moyen d'une courroie passant dans une poulie qui se trouve sur l'axe *i*, lequel axe porte un pignon s'engageant dans une des roues. C'est cette roue qui meut la manivelle *e*, qui fait agir le levier *d*, et c'est aussi de ce même pignon que l'arbre de la roue *b*, portant la roue excentrique *c*, reçoit son mouvement, qui est moins rapide que celui de l'axe de la manivelle.

Au bout de l'arbre de la roue *b* et de l'excentrique *c* est fixé un pignon conique en rapport avec un pignon semblable, qui se trouve sur le bout de la tige latérale *k*; le bout opposé de cette tige est garni d'une vis sans fin *l* s'engageant dans une roue dentée *m*, et cette dernière s'engage dans une crémaillère à la partie inférieure du cadre *g*.

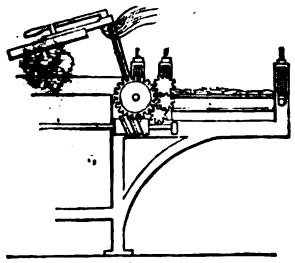
De ce qui précède, il est facile de concevoir que, par les mouvements du système de roues, une impulsion lente est imprimée au cadre *g*, par suite de laquelle les pointes inférieures portant la laine sont avancées progressivement pendant l'opération, et que l'excentrique reçoit un mouvement de rotation, qui donne différentes directions aux coups du levier qui glisse sur sa circonférence et au peigne mobile, de manière à ce qu'il opère par degrés sur la laine à mesure qu'elle lui est présentée.

La construction des cadres qui contiennent les ai-

Digitized by Google

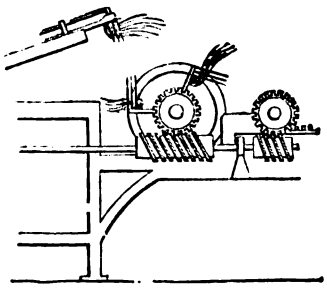
guilles et la manière de les fixer dans la machine n'offrent rien d'important à remarquer.

Il est inutile d'ajouter autre chose à cette description, sinon qu'il faut chauffer les peignes avant de carder la laine. Au lieu d'introduire la laine avec la main dans le peigne inférieur, il est quelquefois approvisionné au moyen d'une toile sans fin, comme on le voit dans la fig. 1319 : cette toile sans fin est tendue sur deux rouleaux mis en mouvement par la vis sans fin et les pignons, de manière à diriger la toile et la laine en avant.



1319.

La figure 1320 représente une légère différence dans la machine à peigner la laine ; cette différence consiste dans la position des peignes, qui sont placés sur une tige ou un cylindre tournant ; au bout de l'axe de ce cylindre est une roue dentée, qui reçoit son mouvement d'une vis sans fin placée sur une tige latérale.



1320.

L'axe du cylindre, sur lequel sont fixées les aiguilles, est monté dans un cadre mobile, afin que les pointes des aiguilles puissent d'abord agir seulement sur le bout de la laine, et être enfin avancées, de manière à ce qu'elles traversent toute la longueur des fibres ; l'avancement progressif de ce cadre mobile et du cylindre peigneur est dû à la vis sans fin dont nous avons parlé, et qui se trouve sur la tige latérale.

Ces machines n'étant pas complétées, comme les peigneuses de Collier, par le chariot à cylindres, il faut par conséquent les débarrasser de leur laine *cœur* et *blouses*, et les disposer en ruban d'une longueur indéfinie, avant de les engager à la machine à laminer et à doubler.

Défeutrage. La laine étant préparée au peigne, comme nous venons de l'indiquer, il faut continuer ses transformations jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à l'état de fil cylindrique, d'une ténuité extrême et définie à l'avance, d'une longueur qui n'est limitée que par l'appareil sur lequel il est destiné à être enroulé, et d'une homogénéité parfaite, présentant par conséquent la même ténacité sur tous les points de sa longueur.

Les matières textiles ne peuvent atteindre ce but que par des préparations successives convenablement ménagées, de manière à n'agir que graduellement sur le ruban, qui ne peut être converti en fil parfait qu'après avoir passé par un certain nombre de grosseurs déterminées, allant en diminuant depuis le ruban élémentaire, produit après le peignage de la laine ou le cardage du coton, jusqu'au fil en fin obtenu, en général, par le métier dit Mull-Jenny.

Cette seconde espèce de préparation s'exécute au moyen de deux paires de cylindres métalliques animés d'une vitesse différente, et entre lesquels on fait passer le ruban, qui s'y trouve légèrement comprimé par une pression qui agit sur les axes des cylindres supérieurs.

Le ruban engagé entre ces cylindres est obligé de se mouvoir avec leur vitesse, et par conséquent de s'allonger, si la paire de cylindres par laquelle le ruban se dégage marche plus vite que celle par laquelle il entre ; et en répétant successivement ce travail, le ruban s'étire indéfiniment, si on a soin à chaque fois d'en ajouter de nouveau, afin de le consolider et d'empêcher la rupture. (Voyez, pour tous les détails, *Étirage* de l'article COTON.)

Quoique les étirages de la laine peignée tendent au même but que celui du coton, les machines employées doivent recevoir une modification basée sur les différences des caractères naturels de ces matières premières.

La laine, quoique choisie pour le peigne, présentant toujours une certaine résistance à se développer complétement, à cause de la tendance qu'ont les fibres à se contourner, il est important qu'elles se présentent aussi droites que possible à l'action des cylindres, qui doit les condenser dans cet état et les allonger encore ; et comme ces filaments ont une longueur sensiblement plus grande que ceux du coton, ils pourraient se recourber et se présenter irrégulièrement aux cylindres étireurs, s'ils n'étaient rangés convenablement, maintenus dans cette disposition, et présentés parallèlement à l'action des cylindres étireurs.

Ce résultat s'obtient en disposant des peignes métalliques entre les deux paires de cylindres ; ces peignes, dont la forme peut être variable suivant la disposition des bancs à étirer, sont aujourd'hui généralement de petits cylindres armés d'aiguilles ou broches aiguës inclinées, dont la finesse et le nombre de dents va en augmentant, à mesure que l'opération arrive à sa fin, pendant que le diamètre du cylindre du peigne va, au contraire, en diminuant. On voit, en un mot, que la grosseur des peignes est en raison inverse du nombre et de la finesse des dents, qui sont eux-mêmes inversement proportionnels aux diamètres des rubans.

L'espacement des deux paires de cylindres, leurs pression et grosseur doivent être déterminées par des considérations analogues à celles qui déterminent pour le travail du coton ; car, ainsi que nous venons de le dire, sauf l'emploi du cylindre garni d'aiguilles, l'appareil est semblable à celui employé dans le même but pour le coton (1).

La première machine dans laquelle le ruban passe après le peignage a reçu le nom de *défeutreur*, pour indiquer son but qui consiste à détruire les propriétés feutrantes de la laine, comme nous venons de l'énoncer.

A la sortie du défeutreur, le travail se continue par le passage successif de la matière dans un nombre plus ou moins grand de machines à étirer, et qui ne diffèrent entre elles que par la diminution du diamètre des peignes, l'augmentation du nombre de leurs dents et celle de leur finesse.

Les établissements les mieux montés se servent ordinairement de cinq machines à étirer, garnies de six paires de cylindres chaque ; la dernière ne servant qu'à guider le ruban à sa sortie, et à continuer son laminage, peut avoir la même vitesse que la seconde paire ; de manière à ce que les quatre premiers rubans se forment en un à la sortie de la première machine ou défeutreur,

(1) A la différence près que la même machine à étirer ne pourrait pas servir à faire des rubans de laine de plus en plus fins, comme cela pourrait au besoin avoir lieu pour le coton. Nous donnerons toutes les machines plus détaillées dans notre ouvrage spécial sur les matières textiles.

Digitized by Google

la seconde reçoit quatre rubans composés de quatre chacun, de sorte que le ruban unique qui en sort, se trouve composé de 4 + 4 = 16 et ainsi de suite, jusqu'à la dernière; on double des quantités considérables de fois comme pour le coton ; il n'est pas rare d'arriver à produire définitivement un fil d'une ténuité, telle que 1 kil. de matière produit une longueur de 100,000 m., qui est composé lui-même d'un million de rubans primitifs formés, à leur tour, par la réunion d'une quantité innombrable de filaments de chaque.

Tortillonnage. — Quand la laine est arrivée à cette période de son travail, on lui fait subir une opération très simple et peu importante en apparence, et qui a cependant la plus grande influence sur la perfection de son fil. Cette opération consiste à faire des espèces d'écheveaux de rubans et à soumettre toute leur masse à un allongement, ou plutôt à un redressement forcé; on y parvient par plusieurs moyens; voici le plus généralement usité.

On attache à un crochet le ruban en question par une de ses extrémités, l'autre est tenue à la main ou attachée à un crochet semblable, fixé sur une pièce de bois qui a la faculté d'être arrêtée ou de glisser dans une rainure.

Le ruban ainsi fixé, on met la machine en mouvement au moyen d'une courroie, que l'on fait passer sur une poulie qui commande la roue et le pignon portant le crochet.

Ce crochet tourne alors avec une très grande rapidité et tord la masse de ruban en la redressant.

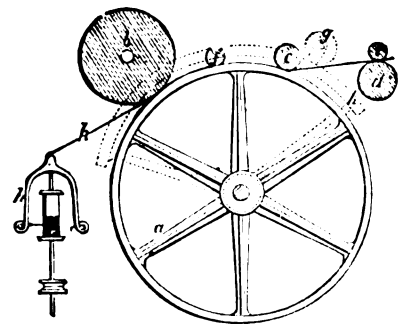
On détache ensuite l'extrémité opposée, après avoir fait avancer le ruban de la moitié de sa course, et on replie l'écheveau sur lui-même pendant que le crochet tourne toujours, et en forme une espèce de bâton solide, contourné et extrêmement dur; on expose ensuite, pendant quelques jours, la laine à une vapeur humide; puis on la reprend, on ouvre les tortillons et on la fait passer une seconde fois par la série des opérations qu'on lui a fait subir avant qu'elle ne soit à cet état. Si on examine la laine avant et après cette opération, il ne sera pas difficile de reconnaître une différence notable dans l'allongement des filaments, qui est tel après ce redressement énergique opéré par la machine, maintenu et augmenté par la pénétration de la vapeur, qu'il serait difficile de reconnaître les mêmes filaments que l'on avait observés avant ce traitement.

Cette application a fait faire un très grand pas à l'industrie de la laine peignée dont le fil présente maintenant tous les caractères des fils lisses, en conservant les propriétés physiques de la laine.

On voit que ce moyen du tortillonnage employé pour développer et étendre complétement les filaments de la laine est basé sur leur force élastique, qui tend à les redresser avec une force proportionnelle à celle employée à les tordre lorsque cette force cesse d'agir, l'élévation de la température de la masse produite par la vapeur vient aider encore ce redressement.

Ce tortillonnage de la laine peignée a de l'analogie avec la torsion que l'on fait subir au crin qui doit former la garniture des meubles. Dans les deux cas, on ne tord la matière que momentanément pour lui fournir plus de ressort au redressement, que la force élastique opère lorsque la force de la torsion cesse d'agir.

On emploie dans le même but en Angleterre, une machine combinée avec les cylindres étireurs ; la fig. 1321 représente une de ces machines. *a*, la roue à frottement ; *b*, le rouleau à tirer de devant, placé dans le cadre à tirer de la manière ordinaire ; *a*, la plus grande roue formant le rouleau inférieur de la paire des rouleaux à tirer de devant ; *c* et *d*, sont la paire des rouleaux à tirer de derrière qui sont mus par un engrenage uni aux rouleaux de devant, comme dans la construction ordinaire des machines à tirer, les rouleaux de devant étant mus avec une vitesse beaucoup plus grande que les rouleaux de derrière, et par conséquent, tirant ou étendant les fi-



1321.

bres de la laine, à mesure qu'elles passent entre ; *e*, est un rouleau conducteur, portant sur la circonférence de la grande roue ; *f*, est un rouleau de tension qui presse les fibres sur la roue *a*.

Maintenant, supposons que les rouleaux de derrière tournent avec une vitesse donnée, et que le rouleau de devant *b* tourne beaucoup plus vite, le résultat sera que les fibres passant par la machine seront considérablement étendues entre *b* et *d*, ce qui arrive précisément dans la machine à tirer ordinaire, mais la roue *a*, introduite dans la machine au lieu du rouleau à tirer inférieur et de devant, tournant beaucoup plus vite que *b*, la laine étendue sur la partie supérieure de sa circonférence, de *b* au rouleau de tension *f*, sera soumise à un frottement considérable, et par suite, les boucles naturelles de la laine disparaîtront, en même temps que sa feutrabilité sera détruite, et elle pourra descendre en un ruban uni sur le fuseau ou volant *h*, où elle est tordue ou filée.

Afin d'augmenter ou de diminuer l'étendue des fibres de laine sur la circonférence de la roue *a*, un rouleau régulateur est adapté à la machine, comme on le voit au point *g*. Au lieu du rouleau de tension *f*, ce rouleau régulateur *g* est monté par des pivots dans des supports, sur un arc circulaire *h*, indiqué par des points. Cet arc circulaire tourne sur l'arbre de la roue *a*, et est haussé ou baissé à l'aide d'une manivelle, que la fig. 1321 ne représente pas, parce qu'elle est placée du côté opposé à celui où la figure est vue.

On voit qu'en élevant les bras circulaires, le rouleau *g* sera porté en arrière, et les fibres de la laine pressées sur la circonférence de la roue dans une plus grande étendue.

Au contraire, l'abaissement des mêmes bras attirera en avant le rouleau *g*, et alors la laine occupera une portion moindre de la circonférence de la roue, et sera, par conséquent, soumise à un frottement moindre.

Quand on veut employer la vapeur pour chauffer la laine, la roue *a* est construite en forme de tambour creux, et l'on introduit au moyen de l'axe creux la vapeur d'une chaudière dans ce tambour qui, ainsi chauffé, communique la chaleur à la laine et en détruit ainsi les boucles et l'élasticité.

Depuis quelque temps, on cherche en France à supprimer l'opération du tortillonnage, afin d'abréger le travail et de n'avoir pas à laisser la laine aussi longtemps en repos, et d'économiser, par conséquent, la perte de temps; on espère y arriver par le chauffage du ruban lors du défeutrage, en le faisant passer sur des tuyaux chauffés à la vapeur et disposés dans la machine ; la pratique n'a pu encore assez expérimenter pour être

Digitized by Google

complétement fixée sur la valeur de cette modification, mais on pense généralement que ce chauffage combiné avec le tortillonnage produira un excellent effet, et abrégera sensiblement le temps pendant lequel on exposait les tortillons à la vapeur.

Lorsque la laine a été doublée, étirée et tortillonnée, en passant par toutes les machines composant l'assortiment, le ruban s'est tellement aminci, qu'on ne pourrait continuer à le travailler sans le rompre si l'on n'augmentait sa cohésion, ce qu'on obtient tantôt par une légère torsion imprimée au ruban, comme cela se pratique au moyen de bancs à broches employés pour le coton ; tantôt en soumettant le ruban en même temps à un frottement de roulement sur sa grosseur, et à un frottement de glissement sur sa longueur. Ce dernier moyen est exclusivement appliqué à la laine peignée, celui de la torsion étant généralement rejeté, dans la crainte que cette opération ne prédispose au feutrage qu'on a tant intérêt à éviter.

Le *boudinoir* ou bobinoir, destiné à recevoir les rubans, est semblable aux machines analogues employées pour le coton, sauf quelquefois l'introduction entre les cylindres d'étirage du peigne ou *hérisson* dont nous avons déjà parlé. Les rubans se déroulant de trois bobines viennent se réunir sous les cylindres étireurs, entre lesquels on se dispense de placer un peigne, les fibres étant alors suffisamment condensées et redressées.

En sortant du cylindre le ruban passe sur un petit tablier sans fin en cuir, sur lequel il est pressé par un petit cylindre ; le tablier inférieur reçoit un mouvement de va-et-vient dans sa longueur, et le cylindre un mouvement alternatif dans le sens de son axe.

La combinaison de ces deux mouvements donne au ruban la cohésion dont nous avons parlé, en commençant d'ailleurs à l'arrondir; en continuant sa marche, le fil va s'enrouler autour d'un rouleau qui reçoit également un mouvement alternatif dans le sens de son axe, afin que l'envidement se fasse régulièrement sur la longueur du cylindre bobine. La laine ainsi préparée passe à la dernière opération du filage, nommée filage en fin, qui ne se fait qu'au métier Mull-Jenny, décrit en détail à l'article COTON, auquel on ne fait subir que de légères modifications, telles que les écartements entre les cylindres qui, devant être proportionnels à la longueur des fibres de la matière première, seront plus grands, par conséquent, dans les Mull-Jenny pour la laine que pour ceux du coton; et l'étirage qui, dans les autres industries textiles, a lieu tantôt en partie par les cylindres, et en partie par l'accélération de vitesse du chariot, se fait généralement pour la laine peignée, par la différence de vitesse des cylindres seulement, le mouvement du chariot restant constant.

Le *dévidage* qui se pratique après le filage, tout en disposant le fil sous une forme plus convenable pour sa mise en œuvre ou en paquets, en transformant les bobines ou broches en écheveaux, sert en même temps à vérifier si le fil a été produit au titre ou aux numéros voulus, c'est-à-dire si le rapport demandé de la longueur au poids a été observé.

L'unité qui est employée pour terme de comparaison, basée sur le système métrique dans certaines industries, comme dans celle du coton, par exemple, où le numéro indique la longueur ou nombre de 1000 mètres à laquelle un kil. a été filé; cette unité, malgré sa simplicité et sa régularité, n'a pu triompher des anciennes habitudes conservées dans les autres industries; pour la laine peignée qui nous occupe, le numéro indique combien il y a de longueurs de 710 mètres qui est la longueur d'un écheveau, par kilogramme; ainsi donc, du fil du n° 100, qui est un numéro assez ordinaire, veut dire que 1 kilogramme de ce fil doit avoir une longueur égale à 100 fois 710 mètres (longueur de l'écheveau), ou 71,000 mètres.

En Angleterre, l'unité de poids est la livre et l'unité de longueur le yard, et l'écheveau, pour la laine peignée, a une longueur de 560 yards.

Le numéro indique le nombre d'écheveaux; ainsi le n° 24, par exemple, indiquerait que 1 livre de poids anglaise contient 24 écheveaux qui ont une longueur de 560 yards chacun, ce qui donnerait pour la livre 13,440 yards.

Le dévidage français ou anglais se fait toujours d'après les mêmes principes.

La circonférence de la machine à dévider a un développement égal à l'unité, et sur son axe se trouve un compteur communiquant à un timbre qu'une détente fait sonner après un nombre de révolutions déterminé qu'on nomme un *son*.

La longueur de l'écheveau est mesurée par un nombre de *sons* également déterminé ; si le fil a été produit au titre voulu, et si l'ouvrière n'a pas fait d'erreur, il faut que son dévidage corresponde parfaitement au rapport entre le poids et la longueur qu'on lui avait désigné.

FABRICATION DES DRAPS.

Travail des laines courtes, dites laines à cardes. — Le fil qu'il faut produire pour la fabrication de la draperie a besoin de bien moins de préparations comme on a déjà pu en juger par la nomenclature des opérations qu'on lui a fait subir.

Battage. — Le premier travail auquel on soumet la laine consiste dans un battage mécanique pour la débarrasser des corps durs et des impuretés qu'elle peut contenir, et aussi pour rendre en même temps aux filaments l'élasticité qu'ils ont pu perdre, soit par leur compression en balles, soit par leur immersion dans la matière tinctoriale.

Ce battage se répète quelquefois deux fois dans une machine cylindrique ou conique, armée de dents auxquelles est livrée la matière au moyen d'une paire de cylindres délivreurs qui l'ont prise d'une toile sans fin, sur laquelle l'ouvrière a soin de répandre la laine en couche d'égale épaisseur.

Louvetage. — A la sortie de la machine à battre ou *batterie*, la laine est passée au *loup*.

Cette machine ne diffère de la première que par un plus grand nombre de dents, ou par une plus grande vitesse qu'on lui imprime.

La fig. 1322 donne une coupe verticale de la machine.

La machine se compose d'un cylindre F, armé d'un certain nombre de rangées de dents *e,e,e*, disposées obliquement à l'axe du cylindre, afin de mieux saisir la laine et de ne pas en laisser échapper ; *c,d*, est une paire de cylindres garnis de cardes qui reçoivent la laine de la toile sans fin T.

M, D (fig. 1323), rangées de dents disposées dans un fond concentrique au cylindre F, entre lesquelles la laine est obligée de passer pour être travaillée.

E, caisse percée de trous pour laisser échapper les corps étrangers.

L, ouverture par laquelle la laine est chassée en vertu de la force centrifuge après avoir été parfaitement ouverte, c'est-à-dire après que les nœuds et les entrelacements ont disparu.

Graissage. — Après avoir soumis la laine à un premier louvetage, il faut la lubréfier avec une forte proportion d'huile qui varie du 1/4 au 1/5 du poids de la laine, suivant sa finesse, sa nature et les localités. On employait généralement de belles huiles d'olives pour les draperies que l'on fait à Sédan, en Normandie et dans le Midi. Les huiles de graines étaient employées pour les étoffes plus communes, mais il en faut alors une proportion plus forte, et le dégraissage est plus difficile encore que lorsqu'on a employé les huiles d'olives ; on

Digitized by Google

comprend que la matière grasse qui n'a été introduite que pour neutraliser l'effet des aspérités, et pour faciliter le glissement des fibres au filage, et à ses préparations doit disparaître tantôt avant et tantôt après le tissage, suivant que la laine est déjà teinte, ou qu'on doit la teindre en fil ou en pièce; l'opération de la teinture ou des apprêts serait impossible sans cela.

On avait cherché pendant longtemps à s'affranchir de cette opération très coûteuse du graissage, non seulement à cause de la dépense, l'huile étant entièrement perdue, mais aussi à cause des difficultés et de la perte de temps que présentait l'opération du dégraissage; les huiles végétales étant insolubles dans les alcalis, ne s'enlèvent que par une opération mécanique, longue, coûteuse et pouvant détériorer le tissu. Ces huiles végétales ont de plus l'inconvénient de fermenter facilement, surtout en présence de la laine condensée et humide, comme cela n'a lieu que trop souvent dans les usines, d'où ont malheureusement fréquemment résulté des incendies dus à une combustion spontanée.

C'est pour remédier à tous ces inconvénients, que M. Péligot et nous, avons cherché à propager la substitution de l'acide oléique convenablement épuré, à tous les anciens modes de graissage; son onctuosité le rend très propre à cet usage. Son caractère acide met la laine à l'abri de la fermentation, si dangereuse, et le rend soluble dans les alcalis; on obtient alors au dégraissage un savon liquide qui peut être utilisé ultérieurement au foulage.

Nous ne mentionnons succinctement ce procédé, que pour n'oublier aucun progrès de la spécialité dont nous nous occupons; ce nouvel emploi étant aujourd'hui universellement répandu dans l'industrie des laines, quoique le progrès ait été lent, comme pour la propagation de toutes les nouvelles applications. Il n'est cependant pas une localité industrielle tant en France, qu'en grande partie à l'étranger, où les maisons les plus importantes n'en fassent usage.

Lorsque la laine à filer a été graissée par couches, et aussi régulièrement que possible, on lui fait ordinairement subir un second louvetage pour continuer l'effet produit par le premier; on la porte ensuite aux cardes.

Cardage. — Il a le même but pour la laine que pour le coton; nous renverrons donc à la définition donnée dans cet article. Les machines à carder la laine diffèrent cependant de celles pour le coton, pour la substitution de cylindres aux chapeaux décrits dans la carde à coton.

La disposition (fig. 1324) représente la partie modifiée de la carde; on voit à la place des chapeaux mentionnés, les cylindres *a* et *b*, répétés un plus ou moins grand nombre de fois; ordinairement ces cylindres sont au nombre de cinq, disposés sur la demi-circonférence supérieure du gros cylindre ou tambour.

Leurs fonctions sont les suivantes :

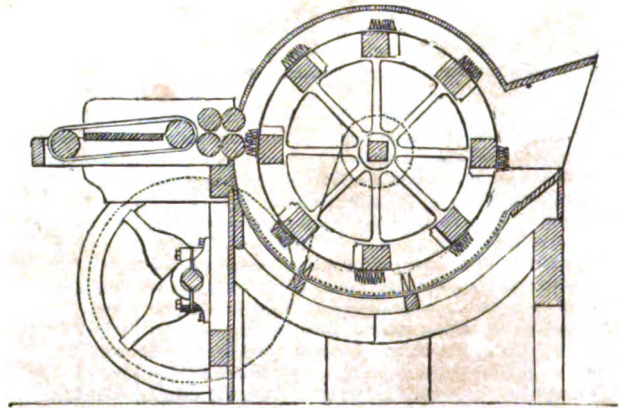
Le cylindre *a*, a un mouvement et les dents disposées en sens inverse du mouvement et des dents du gros tambour, de manière à lui enlever la laine qui lui a été fournie par les cylindres délivreurs *c*,*c*, auxquels la toile sans fin l'a amené.

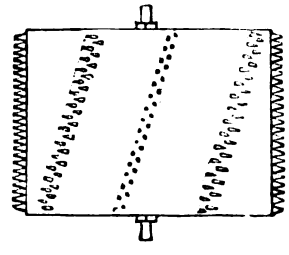
Le cylindre *b*, plus petit que *a*, et marchant plus vite a un mouvement, et la direction de ses dents, par rapport à celle du cylindre *a*, et de celle du gros tambour, de façon à dépouiller le premier de sa laine pour la restituer au second, et la faire reprendre ensuite de la même manière par les cylindres suivants jusqu'au dernier.

Les cylindres *a*, sont nommés *travailleurs*, et les cylindres *b*, *nettoyeurs* ou *débourreurs* à cause de leurs fonctions; on voit, en effet, qu'ici il n'y a plus de chapeaux à débourrer.

A la suite du cylindre que nous venons de décrire est disposé, à une distance un peu plus éloignée, un cylindre *k*, d'un diamètre plus grand, garni de dents de cardes presque droites et se mouvant avec une plus grande vitesse. Ce cylindre, auquel on a donné le nom de *volant*, à cause de sa vitesse, a pour fonction d'amener la laine cardée des racines aux pointes des dents, à mesure que le gros tambour, dans sa révolution, en présente, de manière à faciliter son dépouillement qui est opéré par le peigneur cylindrique *e*, d'où elle passe dans un petit tube ou sifflet conique, qui reçoit un mouvement de rotation pour donner un léger tors

1322.





1323.

à la laine, avant de la faire enrouler sur des cylindres *o*,*o*, après son passage entre deux cylindres lamineurs qui l'égalisent.

La fig. 1325 représente une légère modification dans la manière de détacher le fil; un petit cylindre *h*, détache la laine du gros peigneur *f*, et la fait passer dans le sifflet et entre les petits cylindres lamineurs *m*,*m*, d'où elle passe sur le cylindre *t*, en passant par le cylindre *z*. La fig. 1326 est un plan de cette disposition où les mêmes parties sont désignées par les mêmes lettres.

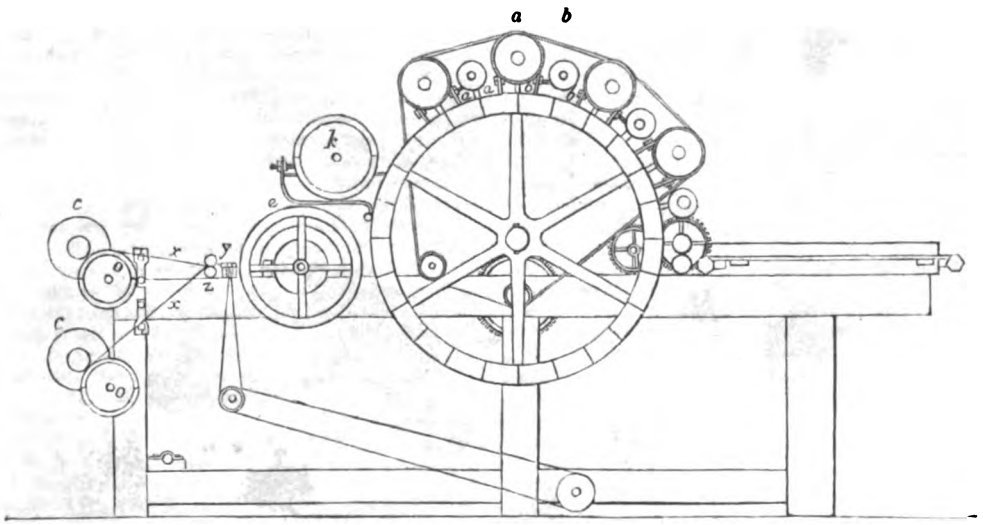
Si on observe un instant ce qui se passe dans le cardage de la laine, on s'assurera facilement que le travail a été combiné de manière à faire arriver les filaments dans le plus de directions opposées possible, afin de les

Digitized by Google

prédisposer à l'enlacement et de la prédisposer par conséquent au feutrage et au foulage.

Le cardage de la laine, comme celui du coton, a besoin d'être répété pour être parfait ; on fait ordinairement passer la laine successivement entre trois cardes qui portent des noms différents ; la première, qui commence l'opération, porte le nom de *carde briseuse*, la seconde de *repasseuse*, et la troisième se nomme la *finisseuse* ou carde *à loquettes* ; les trois cardes ensemble constituent *l'assortissement*.

Elles ne diffèrent entre elles que par la finesse des dents et leur rapprochement qui augmente de la première à la troisième, à mesure que la matière est plus nettoyée et plus velue.



1324.

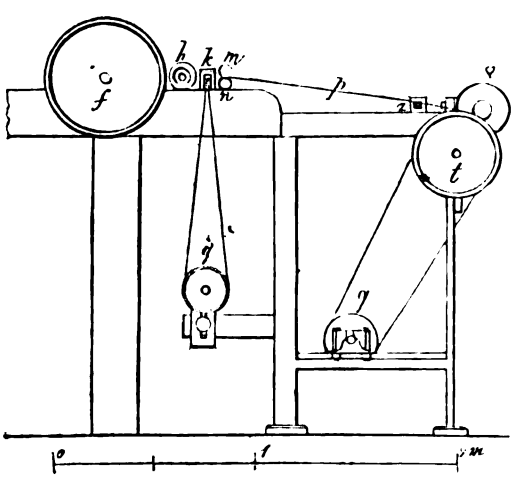
à peau de mouton; ces nappes sont ensuite portées aux cardes suivantes pour être retravaillées.

La carde *finisseuse*, qui doit fournir la laine au filage, la dispose sous une forme différente.

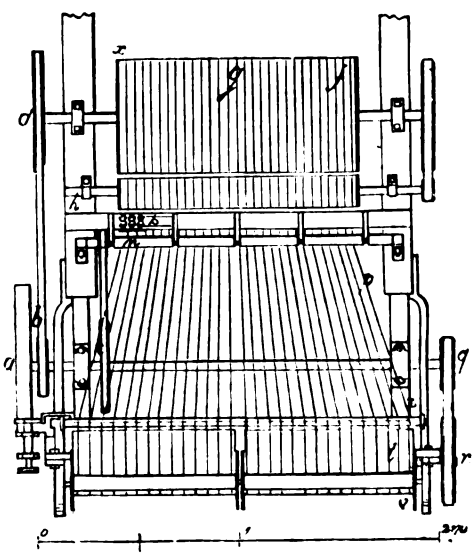
Naguère encore la laine détachée par le peigne se rendait dans des petites cannelures concaves disposées sur la circonférence d'un cylindre ; elle prenait, par conséquent, la forme de ces cannelures, et était détachée sous forme de petits cylindres qui avaient la grosseur de ces cannelures et une longueur égale à celle du cylindre et, par suite, de la carde.

C'est à ces petits cylindres qui tombaient dans une auge qu'on donnait le nom de *loquettes*.

Ces loquettes étaient ensuite portées à un premier



1325.



1326.

A la sortie des cardes briseuses et repasseuses, la laine se trouve détachée par un peigne à mouvement alternatif ou cylindrique, et enroulée sous forme de nappe autour d'un gros cylindre qu'on nomme *tambour* métier à filer, où des enfants les attachaient les unes aux autres pour en former un ruban continu auquel le métier, qui n'était autre que la *jeannette*, inventée par Arkwright ou plutôt par Highs (fig. 1327), venait en-

Digitized by Google

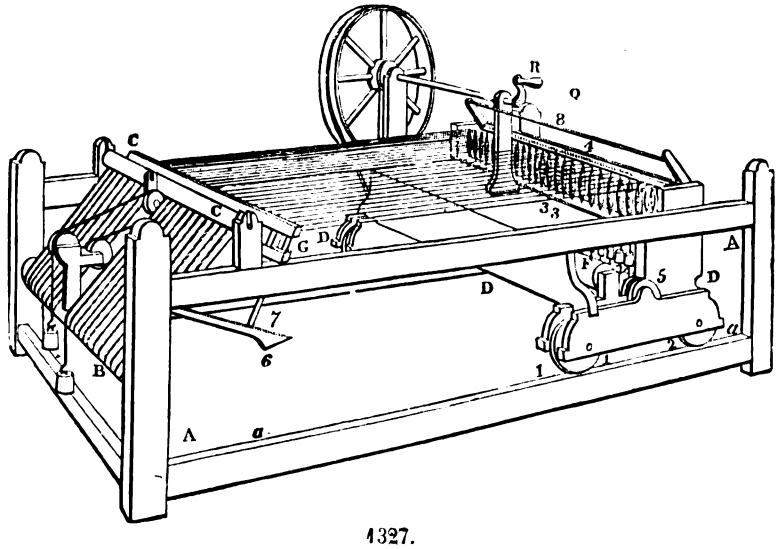
suite donner un premier étirage. Nous allons décrire le mode d'opérer de cette machine.

A,A est la monture en bois, dans laquelle est renfermé le chariot mobile D,D, qui roule sur des rainures en fonte *a*,*a*, au moyen des roues de frottement 1, 2, pour le faire avancer et reculer doucement d'un bout du métier à l'autre. Le chariot contient un certain nombre de broches d'acier, marquées 3, 3, lesquelles reçoivent un mouvement rapide d'un long cylindre F, au moyen de cordes séparées qui passent autour de la poulie de chaque broche. Le cylindre F est un long tambour de fer-blanc de six pouces de diamètre recouvert de papier, et qui se prolonge sur toute la largeur du chariot. Les broches sont maintenues presque verticalement dans un châssis, à une distance de quatre pouces les unes des autres : leurs extrémités inférieures ont des pointes coniques, et tournent dans des crapaudines de cuivre. La roue qui imprime le mouvement est placée en dehors du corps principal de la machine; son arbre pose sur des montants verticaux, fixés sur le chariot D. La roue est tournée par le boudineur placé en Q; sa main droite est appliquée à une manivelle (comme on le voit dans la gravure), qui fait mouvoir le tambour, et tourner les broches avec la plus grande vitesse.

Chaque broche reçoit une portion de la mèche tendre qui sort de dessous un rouleau de bois C, C, à l'une des extrémités du métier. Les mèches passent de là à la rangée de broches qui sont placées dans le chariot, de sorte qu'elles s'étendent sur une ligne presque horizontale. Le mouvement alterné du chariot rapproche ou éloigne les broches du rouleau C, de manière à donner aux boudins le degré de longueur requise.

Les cardées ou rubans de laine qui doivent être filées en mèches sont posées en lignes droites à côté les unes des autres sur un tablier sans fin, tendu sur un plan incliné entre deux rouleaux horizontaux, dont l'un B se voit dans la figure. Une cardée est assignée à chaque broche, et le nombre de broches peut varier de cinquante à cent dans une seule machine. Le rouleau C repose sur les cardées qui avancent le long du tablier; et comme il doit les presser légèrement, il est fait en bois léger. Vis-à-vis de ce rouleau est une longue barre de bois G, avec une autre au-dessous, fixée horizontalement en travers du métier. La cardée est conduite entre ces deux barres, la barre supérieure ou mobile étant levée pour la recevoir. Lorsque la barre est abaissée, elle pince fortement la cardée. La barre supérieure ou mobile G est guidée entre des supports à coulisses, et un fil d'archal 7 la joint à un levier 6. Lorsque le chariot D est arrivé au bout de la machine, une roue 5 soulève le bout 6 du levier; et celui-ci, au moyen du fil d'archal 7, lève la barre supérieure G, de manière à dégager toutes les cardées. Dans cet état de choses, si l'on retire le chariot d'auprès de la barre, il tire nécessairement les cardées en avant sur leur plan incliné. Il y a un petit crochet qui reçoit la barre supérieure G, et l'empêche de tomber jusqu'à ce que le chariot se soit éloigné à une certaine distance, et ait tiré une longueur d'environ huit pouces de cardées; un arrêt sur le chariot vient alors toucher le crochet, et l'enlever de manière à laisser tomber la barre supérieure pour pincer la cardée. En même temps on a tourné la roue pour tenir les broches en mouvement, et pour donner aux cardées la torsion convenable, à mesure qu'elles sont étirées, afin de les empêcher de casser.

On pourrait croire que les mèches tendres ont une tendance à s'entortiller autour des broches; mais comme elles se présentent dans une direction oblique, elles ne reçoivent que le mouvement de torsion, et tournent toujours autour des pointes des broches sans s'y dévider. Lorsque le boudineur a donné aux meches le degré



1327.

de torsion convenable, il se prépare à les envider sur les broches en forme de cône, en pressant du bas, avec la main gauche, la baguette à fil de cuivre 8, de manière à l'éloigner des pointes des broches, et à la placer vis-à vis de leur milieu. Il fait alors tourner les broches, et pousse en même temps le chariot lentement, de manière à envider les mèches sur les broches en forme de canettes coniques.

Le fil d'archal ou baguette 8, doit régler l'envidage de toute la rangée de mèches à la fois; il est incliné, à cet effet, par sa connexion avec la barre horizontale 4, qui tourne sur des pivots à ses extrémités, dans des coussinets fixés sur les montants qui sortent du chariot D. En tournant cette barre sur ces pivots, le fil d'archal 8 se lève on s'abaisse à tous les degrés d'inclinaison désirés. Le boudineur, en saisi-sant la barre 4 de la main gauche, fait par là sortir les broches; mais à son retour il baisse la baguette en même temps qu'il pousse le chariot devant lui.

Comme les rubans ou cardées sont extrêmement tendres, ils seraient bientôt étendus ou rompus si on les

Digitized by Google

entraînait au-dessus du plan incliné. Pour éviter la nécessité de cette traction, on applique une corde autour d'une cannelure au milieu du rouleau supérieur, et, après l'avoir passé sur les poulies convenables, comme il est représenté dans la figure ; on suspend un poids à l'un de ses bouts, et un autre plus petit à l'autre ; le plus petit poids ne sert qu'à tendre la corde, mais le plus gros tend à faire tourner les rouleaux avec leur tablier sans fin, de manière à transporter les cardées sans leur imposer aucune contrainte. Chaque fois que le chariot arrive à son point de départ, le gros poids se monte au moyen d'un morceau de bois qui sort du chariot, et qui frappe un nœud de la corde à l'endroit où elle est horizontale ; ce morceau de bois pousse la corde à une certaine distance, de manière à faire monter le gros poids ; mais le tablier sans fin ne peut revenir en arrière, parce qu'il est retenu par un cliquet, à l'extrémité de l'un de ses cylindres, et la corde glisse ainsi autour du cylindre. Lorsque le chariot se retire, le plus gros poids fait tourner le cylindre, et avancer le tablier sans fin, de manière à livrer les cardées à mesure que le chariot, en sortant, les étire ; mais lorsqu'une quantité suffisante est livrée, le nœud de la corde arrive à un arrêt qui l'empêche d'avancer plus loin ; et au même instant la roue 5 quitte le levier 6, et laisse tomber la barre supérieure G, qui pince fortement la cardée. La roue E, étant alors mise en mouvement, fait tourner les broches ; et le chariot, étant sorti, étend les mèches, qui sont en même temps soumises au tordage. En envidant les mèches, l'ouvrier doit avoir soin de pousser le chariot en avant, et de tourner la roue de manière que les broches n'envident pas plus vite que le chariot ne roule sur les rainures, autrement les mèches en souffriraient.

L'enfant qui sert cette machine apporte les rubans de la carde et les dépose sur le tablier incliné entre C et B ; il doit avoir soin de joindre les nouveaux rubans à la suite des derniers.

Ce mode de travailler est encore usité dans les établissements qui existent d'ancienne date, mais dans toutes les filatures nouvelles qu'on a montées depuis la loi sur le travail des enfants, on a substitué aux cardes dont nous avons parlé plus haut le système des cardes fileuses dit *américain*, qui n'en diffère que par la transformation de la laine en fil en gros que la dernière carde opère d'une manière analogue à la formation du ruban aux cardes à coton.

Il existe plusieurs modifications de ce mécanisme pour la transformation en fil en gros. Celle que nous venons d'indiquer à la suite de la carde à laine est une des plus simples et des plus généralement adoptées. On comprendra facilement les autres par la description de celle-ci ; à la dernière carde, les fils, au lieu de s'enrouler autour de cylindres, s'envident sur des bobines, afin d'être mieux disposés pour le filage en fin.

La laine, arrivée à cet état, est enfin filée au métier *Mull-Jenny*, décrit pour le coton, sauf les modifications suivantes :

L'étirage, au lieu de se faire uniquement par la différence de vitesse des cylindres délivreurs, ou par ces cylindres, et la course du chariot, se fait, dans la laine cardée, par la course du chariot seulement ; le métier, au lieu de deux paires de cylindres, n'en possède qu'une paire destinée à guider, à la sortie des bobines, le fil en gros qui se trouve attaché aux broches et étiré par l'avancement du chariot. Les autres temps du filage, c'est-à-dire la torsion et le renvidage, se font exactement d'après les mêmes principes que ceux décrits pour le *Mull-Jenny* ordinaire. Ce métier, d'après nous, pourrait parfaitement être approprié au filage en fin de la laine cardée, quoique nous n'ignorions pas les motifs que l'on fait valoir contre son emploi. Ils consistent à dire, avec raison, que, pour la laine cardée, le fil doit être moins laminé, afin de pouvoir s'effilocher plus facilement lors du foulage ; mais comme ce laminage qu'on redoute tient plus aux nombreuses préparations qu'on fait subir au coton et à la laine peignée, et qu'on évite pour la laine cardée, l'inconvénient dont on parle ne serait certainement pas à craindre, et on serait bientôt convaincu que si on emploie le métier que nous nous permettons de critiquer, c'est uniquement parce que l'on a l'habitude de l'employer depuis l'origine de l'introduction des machines dans cette spécialité.

Après le filage, la laine est dévidée pour être transformée, soit en écheveaux destinés à la chaîne, soit en bobines ou canettes propres à être disposées dans la navette pour la trame. Le dévidoir employé est le même que celui pour la laine peignée, mais le numérotage ou titrage du fil cardé n'est pas le même ; il va paraître bien barbare, si on le compare au système décimal qu'il serait si convenable d'établir enfin.

L'unité de longueur adoptée est de 3,000 aunes ou 3,600 mètres ; l'unité de poids la livre ou 1/2 kilogramme.

Les 3,600 mètres portent le nom d'une livre de longueur ; cette livre se partage en quatre parties ou quatre quarts, qui se divisent chacun en dix sons.

Ainsi une laine cardée, filée à quatre quarts, a 3,600^{m} de longueur par 1/2 kilogramme ; celle de six quarts aura $900 \times 6 = 5{,}400^{m}$ par 1/2 kilogramme ; celle de 6 quarts 5 sons aura 5,850^{m} ; celle de 21 quarts 18,900^{m}.

La laine pour trame, au lieu d'être disposée en écheveaux, est dévidée en canettes sur des petits cylindres ou fûts de dimensions convenables pour entrer dans la chasse ou creux de la navette.

On remet au tisserand la quantité de laine pour chaîne et trame, convenablement assortie suivant l'espèce de drap que l'on veut produire ; c'est lui qui est chargé d'ourdir et d'encoller la chaîne selon les indications qu'il a reçues.

Nous renvoyons, pour la description de l'ourdissage et de l'encollage, au TISSAGE, dont ils sont les préparations.

Foulage. Le but du foulage est d'augmenter la solidité, de diminuer la conductibilité en ménageant l'élasticité des tissus dans tous les sens, et de donner, par conséquent, au drap les caractères particuliers qui le distinguent.

Ces propriétés précieuses s'obtiennent par une compression des fibres, par une liaison plus intime des fils et des filaments de leurs surfaces, par un plus grand rapprochement entre ces fils que celui que le tissage a pu opérer de manière à rendre le tissu à peu près imperméable à l'air. Cette condensation des fils composant le tissu ne peut nécessairement s'opérer que par une diminution de sa surface, diminution qui sera plus ou moins sensible suivant le degré de foulage, et, par conséquent, de force que l'on voudra donner au drap.

Le fabricant a le soin de disposer la longueur et la largeur de la chaîne en conséquence.

Pour les draps d'une finesse moyenne, les chaînes sont ordinairement ourdies de manière à ce que l'étoffe, avant le foulage, ait une longueur de 1/3 et une largeur de moitié environ plus grande que celle que le drap doit avoir après sa confection.

Il devra donc rentrer de 1/3 sur la longueur et de moitié sur la largeur.

Il est évident que, pour les tissus légers, ces quantités seront moindres, et qu'elles augmenteront encore pour les draps corsés, comme les *castors*, les *cuir-laines croisés*.

Le moment d'opérer le foulage varie avec les localités et les genres d'étoffes fabriquées. Tantôt, comme à Sédan où l'on fabrique plus spécialement de beaux draps noirs, l'on foule immédiatement après le tissage

Digitized by Google

et avant d'avoir débarrassé le tissu de l'huile qui a servi à la filature : on ne dégraissant qu'après cette opération, on a pour but de la fatiguer moins et de ménager le plus possible la douceur de la laine que la teinture du noir durcit toujours plus que ne le font les autres nuances.

Tantôt, au contraire, comme dans toute la Normandie, on commence par débarrasser l'étoffe de sa graisse et on la foule ensuite ; les fabricants normands procèdent de cette manière, même pour les draps noirs.

Tantôt, enfin, quand il s'agit de draps communs, comme les draps de troupes ou les tissus à bas prix du Midi pour l'exportation, le dégraissage et le foulage se font simultanément. La graisse est alors utilisée au foulage en saponifiant l'alcali qu'on ajoute dans ce but pour former le savon indispensable à l'opération.

Cette troisième méthode, qui est, comme on le voit, la plus économique, ne pourrait s'appliquer aux draps d'une qualité plus élevée, qui ont besoin d'être visités avec beaucoup de soin entre le dégraissage et le foulage, afin de les débarrasser de toutes les ordures et matières étrangères, par *l'épinçage* ou *épincetage*, et de réparer par le rentrayage les défauts ou accidents qui auraient pu se présenter dans le courant du travail, et qui doivent disparaître avant le foulage, afin qu'on ne puisse plus en retrouver de traces dans l'étoffe finie.

Que le dégraissage s'opère avant ou après le foulage, il se pratique en imbibant le tissu d'une dissolution de terre argileuse, lorsque le graissage a été fait par une huile végétale, et d'une dissolution d'alcali, lorsque l'on a employé l'acide oléique ; on le fait ensuite passer entre deux cylindres en bois qui accélèrent l'opération, en faisant pénétrer davantage l'émulsion et en imprimant à l'étoffe un mouvement de rotation convenable ; lorsque le dégraissage se fait à la terre, il faut plusieurs heures. Lorsque l'acide oléique permet d'employer un alcali, le carbonate de soude par exemple, vingt minutes suffisent.

Une fois que toute la graisse est extraite, ce que l'on reçonnaît avec un peu d'habitude par le toucher et l'odorat, il faut procéder au dégorgeage ou lavage, qui consiste à continuer à faire tourner la pièce dans une dissolution, en l'y plongeant jusqu'à ce qu'elle soit complétement immergée, par une disposition semblable à celle donnée fig. 1246, c'est-à-dire en la faisant passer entre deux cylindres en bois ; le cylindre inférieur est ordinairement cannelé pour augmenter un peu l'adhérence.

Ces cylindres sont renfermés dans une caisse également en bois, solidement assemblée ; cette caisse est fermée sur le devant par les volets ; la première ouverture servant à introduire le drap, et la seconde la dissolution.

Un rouleau disposé près des parois de la caisse sert à guider la pièce pour qu'elle marche plus régulièrement et ne se déchire pas ; les deux fonds ont chacun un orifice qu'on peut déboucher à volonté pour laisser écouler les eaux sales ou lorsqu'on veut vider la machine. Cette machine est généralement disposée pour dégraisser deux pièces à la fois et quelquefois trois ; mais cette dernière disposition est vicieuse, elle cause des inégalités de pression sur les tissus.

Quelquefois, pour faciliter le dégraissage, qui est assez difficile à opérer lorsqu'on s'est servi d'huile de graines ou d'olives, on prédispose au dégraissage en faisant tremper l'étoffe dans l'eau vive ; si on a une rivière ou un canal à sa disposition, il faut alors avoir soin de la faire complétement immerger, s'il s'agit de pièces teintes, sans quoi la couleur exposée à l'air ou au soleil pourrait être altérée ; c'est ce qu'on nomme *flamme* en terme de fabrique.

En Angleterre, pour faciliter le dégraissage, on a encore l'habitude de tremper le tissu dans de la fiente de porc. Outre les désagréments faciles à comprendre d'une telle pratique, elle doit exposer les tissus à être altérés par la fermentation qui doit se développer.

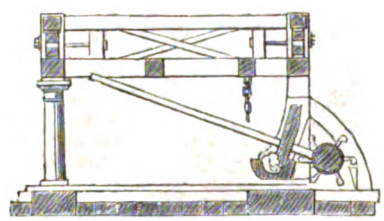
Travail du foulage. Que le tissu soit dégraissé ou non lorsqu'on le foule, les moyens employés, à cet effet, sont les mêmes ; on y arrive toujours par une action mécanique prolongée et assez énergique sur l'étoffe imprégnée d'une dissolution alcaline ou savonneuse.

La présence de la dissolution a pour but de faciliter le glissement ou le rapprochement, la compression et le ramollissement des fibres et des fils de la matière qu'elle imprégne, et d'empêcher leur altération par le choc et la pression.

L'effet simultané de la force mécanique et de l'action physique de la dissolution développe une température assez élevée qui facilite l'opération et qu'il faut avoir soin de ménager pendant sa durée.

Les machines à fouler employées restèrent, sans la moindre modification, jusques il y a quelques années ; ce furent toujours ces moulins à pilons verticaux ou inclinés, importés chez nous par les Hollandais dont ils ont conservé le nom. La fig. 1328 est une coupe verticale représentant un pilon seulement.

Ces moulins, qui sont encore très répandus, ont ordinairement un plus grand nombre de pilons, et, par conséquent, d'auges qu'on désigne ensemble par le nom de pile.



1328.

A B, représente un bâti solidement fixé dans l'établissement, et assujetti sur d'excellentes fondations analogues à celles des laminoirs et autres machines qui doivent être soumises à des ébranlements.

A la partie inférieure du bâti, ordinairement en bois de chêne, se trouve pratiquée une auge creuse G, dont la courbure doit être très régulière, sans angle rentrant ni saillant, afin de faciliter le glissement et le roulement de l'étoffe que cette auge est destinée à recevoir ; elle doit être également solidement assemblée, car elle reçoit les chocs assez rapidement répétés du pilon ou maillet P, qui est soulevé par l'arbre R, muni de cames *c,c,c*, destinés à ce soulèvement du maillet, qui retombe sur l'étoffe lorsque chaque came l'abandonne.

La partie saillante du pilon par laquelle il est soulevé est ferrée pour résister à la prompte détérioration qui aurait lieu si on ne prenait ce soin.

La tête du pilon du côté qui agit sur le drap est découpée en gradins pour aider le mouvement de rotation que le drap doit prendre dans la pile.

L'inspection de ces machines suffit pour démontrer leur défectuosité, quelle que soit d'ailleurs l'autorité que peut leur donner un emploi séculaire. On voit, en effet, qu'elles ont une forme qui ne change pas, et qu'elles agissent avec une vitesse invariable, sous une pression à peu près constante (1), soit qu'on y foule des étoffes légères, des draps ordinaires et des cuirs-laines qui demandent cependant des degrés de foulage si différents.

(1) Je dis à peu près, car au besoin on pourrait faire varier le bras du levier du pilon, ainsi que cela a quelquefois lieu.

Digitized by Google

Les piles étant ouvertes, la chaleur ne s'y développe que lentement et ne s'y conserve que difficilement.

Rien ne réglant le degré de foulage, l'ouvrier est obligé de sortir souvent le drap de la machine, pour le vérifier et mesurer son retrait, ce qui nécessite une intermittence fâcheuse, tant pour la perte de temps, qu'à cause du refroidissement qui en est la conséquence. L'opération ne peut se conduire que par tâtonnement, et exige, par conséquent, un foulonnier habile et expérimenté, si on ne veut exposer le tissu à des avaries très préjudiciables ou à un foulage mal fait, qui déprécie considérablement l'étoffe.

Ce vieux système de moulins à fouler a d'ailleurs les inconvénients de demander beaucoup d'emplacement, d'occasionner un bruit désagréable, d'exiger, par conséquent, des frais d'entretien assez considérables et d'absorber une grande quantité de force; sans cependant pouvoir arriver à certains caractères et à ce degré de foulage très recherché pour bien des articles, et surtout pour la draperie fine.

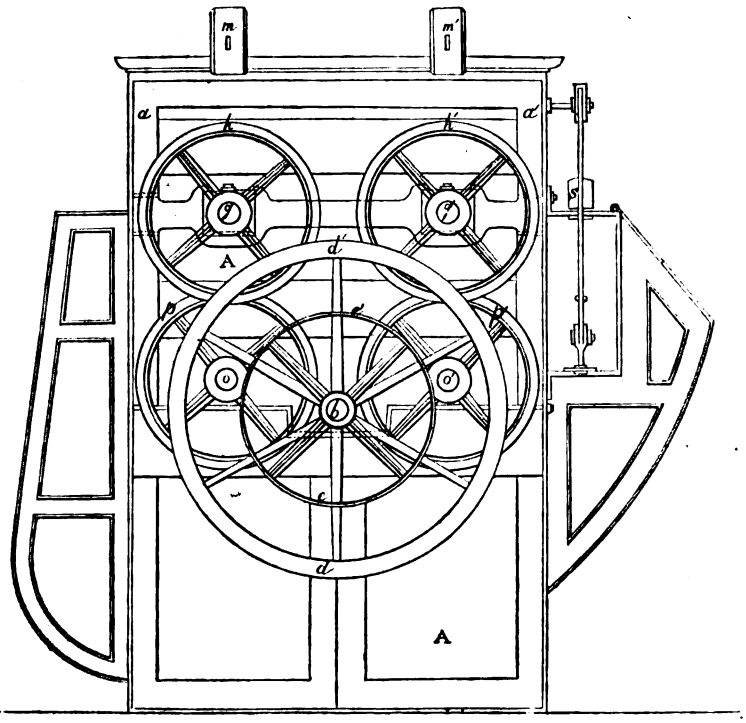
C'est pour chercher à obvier à tous ces inconvénients, qu'on fait, depuis quelques années, l'essai de nouveaux systèmes de machines à fouler qui commencent à se propager.

chine par laquelle le drap sort après être foulé. Ces deux vues suffisent pour faire saisir le principe de la machine.

On voit que la machine se compose de quatre cylindres *n*, *n'*, *f*, *f'*, ou poulies à gorges qui ont leurs axes horizontaux et superposés deux à deux comme des cylindres de laminoirs, et de deux cylindres verticaux *g'*, *g*, renflés par leur milieu et disposés sur le devant de la machine; ces six cylindres sont contenus dans une caisse en fonte parfaitement fermée. Les cylindres horizontaux et verticaux sont soumis à des pressions qui agissent, les premiers par l'entremise des leviers verticaux *j*, *k*, dont la partie supérieure est percée pour recevoir un levier horizontal auquel est fixé un poids que l'on peut faire glisser de manière à faire varier le bras du levier.

Le poids *s* sur les cylindres verticaux agit par l'entremise des leviers *w*; on peut également diminuer ou augmenter ce poids.

Le foulage s'opère en introduisant le drap entre les poulies à gorge, après l'avoir fait passer sur les petits rouleaux-guides *y*, *y*, puis on réunit les deux extrémités que l'on coud ensemble, de manière à former une espèce de chaine sans fin; cela fait, on met la machine en



1329.

Ces machines ont des avantages évidents sur celles que nous venons de décrire; plusieurs systèmes différents ont été proposés; nous ne parlerons que de ceux qui ont été sérieusement adoptés par la pratique.

La première de ces machines nous vient d'Angleterre; elle fut importée vers l'année 1838, par MM. Hall fils, Powels et Scott, de Rouen.

La fig. 1329 représente l'élévation dans le sens de la longueur de la machine; la fig. 1330 une coupe transversale, et la fig. 1331 la face antérieure de la mouvement au moyen de la poulie de commande *e* fixée sur l'arbre *b*.

Le drap replié sur lui-même, de manière à pouvoir passer entre les gorges des poulies, est entraîné par elles et se trouve foulé sur la largeur par un véritable laminage opéré par les pressions qui agissent sur les poulies horizontales, pendant que sa longueur est foulée par un frottement de roulement qu'il éprouve entre les cylindres verticaux *g*, *g'*, lors de son passage.

On voit que cette machine obvie en effet aux prin-

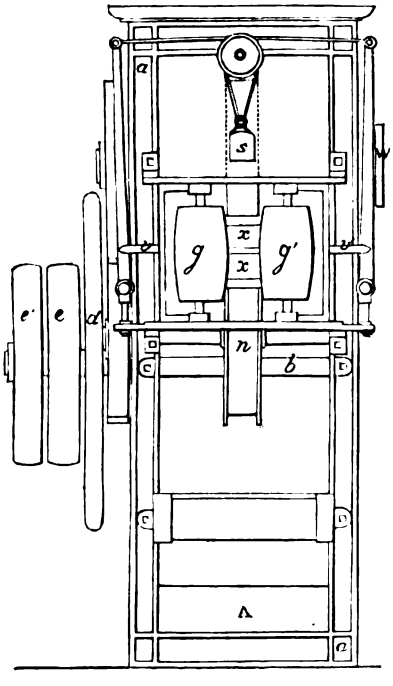
Digitized by Google

cipaux inconvénients signalés précédemment ; elle conserve parfaitement la chaleur, évite les chocs réitérés, donne les moyens de diriger le foulage et de faire varier les pressions à volonté ; elle prend peu de place et peut recevoir son mouvement d'un moteur quelconque ; malgré cela, on a fait quelques reproches à cette machine ; on prétendait que les accidents étaient fréquents, qu'elle tarait beaucoup, que le foulage était trop serré, trop coûteux pour certains genres d'étoffes.

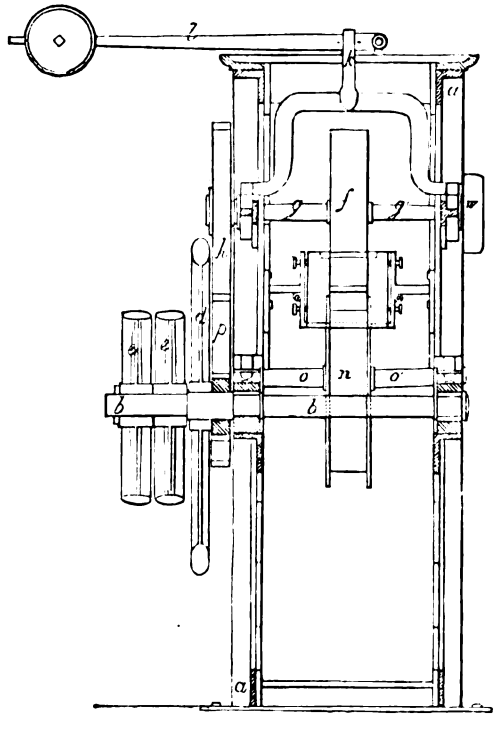
ber dans la grande auge circulaire formant la partie inférieure du bâti de la machine.

D, autre sabot fixé dessous la traverse *dd*; ce sabot est renversé, il touche sans frottement la surface du cylindre B^1, fait le dessus d'un conduit dont le sabot *cc'* est le dessous et force le drap à prendre sa direction vers *c'*.

EE', EE', plaques en bois, cannelées dans le sens de leur longueur et sur leur face tournée du côté des cylindres AA, et B^1, B^2.



1330.



1331.

M. Benoît, de Nîmes, et MM. Vallery et Lacroix, de Rouen, ont cherché, chacun de leur côté, à modifier le système cylindrique et à éviter les défauts qu'on lui reprochait. Les fig. 1332 et 1333 représentent la machine Vallery et Lacroix. Nous dirons en quoi elle diffère de celle de M. Benoît qu'on comprendra d'après celle-là, sans que nous ayons besoin de multiplier les figures.

Fig. 1332, élévation latérale de la machine à fouler vue extérieurement.

Fig. 1333, même élévation en coupe, laissant voir les dispositions intérieures.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces dans les deux figures.

AA, grand cylindre, mû par une roue d'engrenage, recevant à sa circonférence et dans la gorge que forment les deux joues, la pièce de drap que l'on veut fouler.

B^1, B^2, B^3, cylindres beaucoup plus petits que le précédent ; ils s'emboîtent dans le cylindre AA, et pressent le drap qui est enroulé sur le pourtour de ce même cylindre.

c, sabot qui, porté sur la traverse NN, enlève le drap de dedans la gorge du cylindre AA, et le fait tom-

FF, FF, petites plaques en fonte sur lesquelles sont fixées, au moyen de vis, les plaques en bois EE, EE'. Ces petites plaques sont portées sur les pivots G, G, sur lesquels elles tournent librement.

f, *f*, petits tirants en fer servant à maintenir, à un écartement convenable, des joues du cylindre AA, l'extrémité E' des plaques en bois EE', EE'; ils sont fixés d'un bout au bâti par deux écrous et joints de l'autre aux plaques EE', EE', au moyen d'une goupille.

HHH', HHH', pièces à retour d'équerre un peu contournées vers leur extrémité H', où se trouve fixé le pivot G ; elles sont portées comme les pièces FF, FF, sur des pivots I, I, sur lesquels elles peuvent se mouvoir.

L L, corde dont les extrémités sont nouées aux leviers KK' KK'; cette corde, qui passe sur les deux poulies de renvoi M, M, est chargée en son milieu par le poids M, et tirée sur les deux leviers KK', KK', en tendant à rapprocher l'une de l'autre leurs extrémités K'.

N N, traverse fixée au bâti de la machine portant et le sabot CC' et les pivots I, I, des pièces HHH', HHH'.

DD, autre traverse également fixée au bâti soutenant le sabot D.

Digitized by Google

1, 2, 3, 4, arbres sur lesquels sont montés les cylindres AA. B^1, B^2, B^3.

P, P, P, crémaillères munies de coussinets sur lesquels sont portés les arbres 2, 3, 4. A leur extrémité inférieure est une tige cylindrique qui passe à frottement doux dans les coussinets S, S, S, en forme de bague, boulonnés sur le bâti de la machine.

p, *p*, *p*, segments dentés, fixés deux à deux sur les arbres O', O', O', et engrenant avec les crémaillères P, P, P.

L', L', L', leviers fixés sur les arbres O', O', O'.

P', P', P', poids pouvant glisser au long des leviers L', L', L', et déterminer ainsi une plus ou moins grande pression sur les dents des crémaillères, au moyen des segments *p*, *p*, *p*, qui les commandent, sur les cylindres B^1, B^2, B^3. et faire appuyer ceux-ci contre le cylindre AA, puisque les arbres 2, 3, 4, sur lesquels ils sont montés, sont portés sur les crémaillères P,P,P, et éprouvent, en même temps qu'elles, toutes les pressions qui leur sont transmises.

Q, Q, Q, galets montés à demeure deux à deux, sur les arbres *n*, *n*, *n*, recevant dans une gorge pratiquée sur leur circonférence le dos des crémaillères P, P, P, et servant de points d'appui et de guides à l'extrémité supérieure de ces crémaillères dans le mouvement longitudinal qu'elles éprouvent.

RR, espèce de conduit porté sur une traverse qui est fixée avec des boulons en dedans du bâti, servant à resserrer la pièce de drap, pour qu'elle puisse passer facilement dans la gorge du cylindre AA.

R'R', planche percée d'un trou ovale livrant le drap au conduit R R.

SS, rouleau qui se trouve entre le conduit R R, et la planche R' R', et sert à faciliter le passage du drap de R' R' en RR.

X X, roue dentée montée sur l'arbre 1, sur lequel se trouve aussi le cylindre AA. Cette roue dentée transmet à ce même cylindre le mouvement qu'elle reçoit d'un pignon X'X', monté sur le même arbre que les poulies L, L', mues par une courroie.

X'' X'', pignon monté sur l'arbre 2, portant le cylindre B^1, et communiquant à ce même cylindre le mouvement qu'il reçoit de la roue XX avec laquelle il engrène.

V, V, traverses recevant les coussinets sur lesquels est posé l'arbre 1. Ces traverses, en forme de T, sont fixées au bâti avec des boulons.

A' A' A' A', bâti de la machine composé de deux joues jumelles.

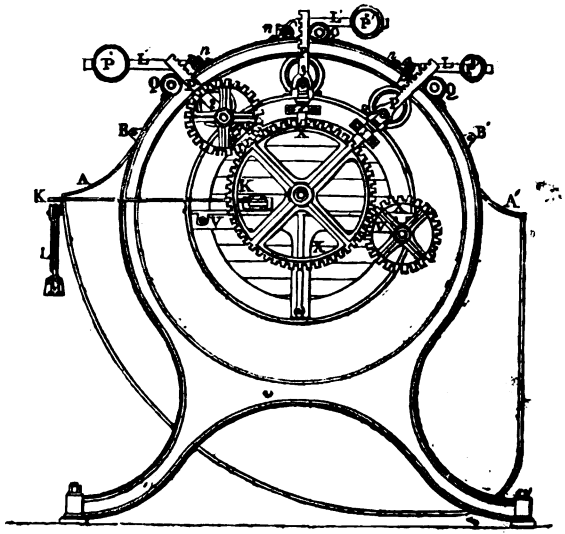
B', boulon à embases servant à assembler et à maintenir d'écartement convenable les jumelles A'A', A'A', du bâti.

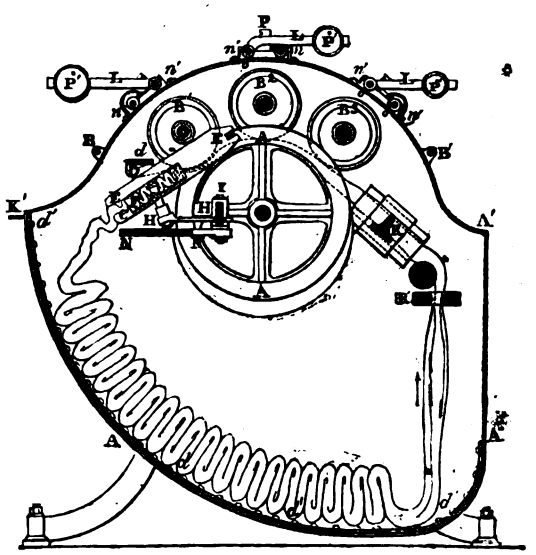
d',*d'*,*d'*, douves qui closent le pourtour de la machine.

Fonctions de la machine. — On passe la pièce de drap que l'on veut fouler dans la planche R' R'; dans le conduit R R; puis on l'introduit entre les cylindres A A et les cylindres B^1, B^2, B^3; enfin, on en coud les deux extrémités.

La machine étant mise en activité, la pièce est entraînée par le mouvement et l'action des cylindres entre lesquels elle se trouve pressée, et, dans ce mouvement, elle se présente successivement et indéfiniment à l'action foulante de chacun d'eux. La pièce de drap, laminée pour ainsi dire par les cylindres, se trouve foulée dans le sens de sa largeur.

1332.





1333.

Le foulage, dans le sens de sa longueur, est produit au moyen des deux planches EE', EE'. Ces deux planches mobiles sur les deux pivots G, G, qui leur servent d'axes, peuvent, à l'aide des pièces HHH', HHH' des leviers KK', KK' et du poids M, qui agit sur ces derniers, s'ouvrir et se fermer vers leur extrémité E, et, au contraire, elles sont toujours maintenues vers leur extrémité E', à une distance fixe des joues du cylindre AA, par les petites tringles en fer *f*, *f*.

En se fermant vers leur extrémité E, les planches EE', EE', s'opposent à la libre sortie du drap de dessous les cylindres A et B^1, il en résulte qu'il s'amasse, en se repliant sur lui-même, dans le canal formé par les deux sabots C et D et les planches EE', EE', emplit complétement ce canal, et s'y tasse jusqu'à ce qu'il puisse vaincre la résistance des planches EE', EE' qui le pressent sur les côtés. Alors il les écarte pour leur faire prendre une position parallèle ou presque

Digitized by Google

parallèle, s'échappe mollement et tombe d'une manière continue et régulière dans l'auge circulaire qui forme la partie inférieure du bâti de la machine.

Les planches EE', EE', sont cannelées, pour que les plis du drap, suivant les cannelures comme autant de guides, ne puissent se déranger dans leur trajet le long de ces planches.

Comme d'un côté on peut, au moyen des leviers L,L,L, et des poids de pression P', P', P', faire peser plus ou moins les cylindres B^1, B^2, B^3, sur le cylindre AA, et déterminer plus ou moins de foulage dans le sens de la largeur, et comme d'un autre côté, on peut, en variant la pesanteur du poids M, opposer une plus ou moins grande résistance à la sortie du drap, et accélérer ou retarder ainsi à volonté son foulage dans le sens de la longueur, il résulte que l'on a la faculté de maintenir constamment les deux foulages dans le rapport le plus convenable.

On voit que cette machine diffère surtout de celle de MM. Halle-Powels et Scott, en ce que l'écartement entre les gorges peut varier non seulement avec le changement de poids ; mais encore avec la même pression lorsque l'étoffe vient à s'accumuler et à former obstacle, grâce à l'ingénieuse disposition des crémaillères. Une autre modification importante est celle du mode de foulage en longueur. Il se fait ici par les joues cannelées longitudinalement, donne un caractère particulier et fait facilement reconnaître le tissu foulé par ce procédé, qui n'a pas les inconvénients de celui produit exclusivement par le laminage, ni ceux que fait éprouver le système qui n'agit que par la percussion.

Le système Benoît combine également la pression à la percussion pour opérer le travail.

La pression pour le foulage en largeur se fait par des poulies ou cylindres alimentaires sans rebords, la percussion pour fouler en longueur a lieu par un fouloir rotatif à galets; ce sont deux galets tournant autour de leur axe qui sont entraînés dans la rotation de deux bras en fonte et qui viennent alternativement frapper sur le drap replié sur lui-même, sur *une table de foulage* qui se trouve à la sortie des poulies ; cette machine ingénieuse a été décrite en détail dans la publication de M. Armengaud.

Un drap bien foulé doit avoir les dimensions exigées : être rentré par conséquent suivant les proportions indiquées, sa largeur doit être de 3 centimètres environ moindre que celle de la pièce terminée, les apprêts par les tensions réitérées ramènent ordinairement cette largeur, qui doit être la même sur toute la longueur.

Les plis du drap doivent avoir disparu; il doit être exempt de taches et d'échauffures.

On procède à une visite de la pièce après son foulage pour s'assurer si toutes les conditions ont été réalisées.

Apprêts. Toutes les opérations et manipulations que l'on fait subir au drap, à partir du foulage pour le terminer, sont rangées dans la spécialité des apprêts, qui a pour but, comme le nom l'indique, de donner les apparences si recherchées dans les tissus et surtout dans les étoffes de luxe ; aussi ces apprêts sont-ils proportionnés dans la draperie à sa finesse.

Lainage ou *garnissage.* Le duvet formé par les filaments qui se trouvent à la surface des fils de laines a été énergiquement froissé pendant le travail du foulage; la première opération des apprêts a pour but : de tirer ces filaments à la surface de l'étoffe, de la ranger parallèlement de manière à la garnir de façon à former une couche de duvet homogène, d'égale hauteur, et qui recouvre autant que possible les traces laissées par le croisement des fils au tissage.

Ce travail doit être exécuté avec ménagement, de manière à ne pas rompre les filaments.

Les chardons naturels, disposés comme nous le verrons plus loin, ont été considérés jusqu'ici comme parfaitement propres à opérer cette espèce de peignage du duvet formé par les filaments, qui garnissent la surface des fils.

Tondage. Lorsque ces filaments ont été relevés et tirés suivant leur longueur naturelle ils forment une sorte de fourrure composée d'une quantité innombrable de filaments d'inégales dimensions sur toute la surface de la pièce. Cette fourrure doit être égalisée de façon à rendre l'aspect de l'étoffe plus net, plus fin, plus moelleux et plus brillant ; c'est en coupant les filaments tous à la même hauteur avec des machines, que nous allons décrire, qu'on les égalise.

Cette opération se nomme le *tondage*, elle est pratiquée alternativement avec le lainage et d'autant plus répétée qu'on l'exécute sur des draps plus fins.

Pour ménager les filaments et ne pas les rompre, il faut avoir soin de mouiller complétement le drap et de lainer pendant qu'il est encore humide. Cette humidité a de plus l'avantage de faire contracter le tissu, et, par conséquent, de dégager davantage les filaments. Le passage de toute la surface d'une pièce sur les chardons se nomme une *voie*.

La répétition successive de ces passages pendant un lainage est ce qu'on a désigné par donner *une eau*.

Un drap ordinaire est lainé jusqu'à cinq fois, c'est-à-dire reçoit cinq eaux à des périodes différentes; le nombre des courses, de passages ou de voies, varie et va en augmentant, excepté pour la dernière que l'on nomme *gitage* et qui n'a pour but que de démêler les filaments.

Voici, d'ailleurs, le nombre de voies tel qu'on l'applique le plus généralement pour des draps, dans les prix de 18 à 20 francs le mètre.

Pour la première eau, on donne	40	voies
— deuxième, —	60	—
— troisième, —	80	—
— quatrième, —	100	—
— cinquième ou gitage, —	20	—

Le chardon, pendant ces opérations, s'use, comme on le conçoit, et a besoin d'être changé ; comme il ne travaille que d'un côté, on le retourne de l'autre, lorsque le premier est hors de service, ce qui arrive ordinairement après dix voies, et on le change complétement après vingt courses.

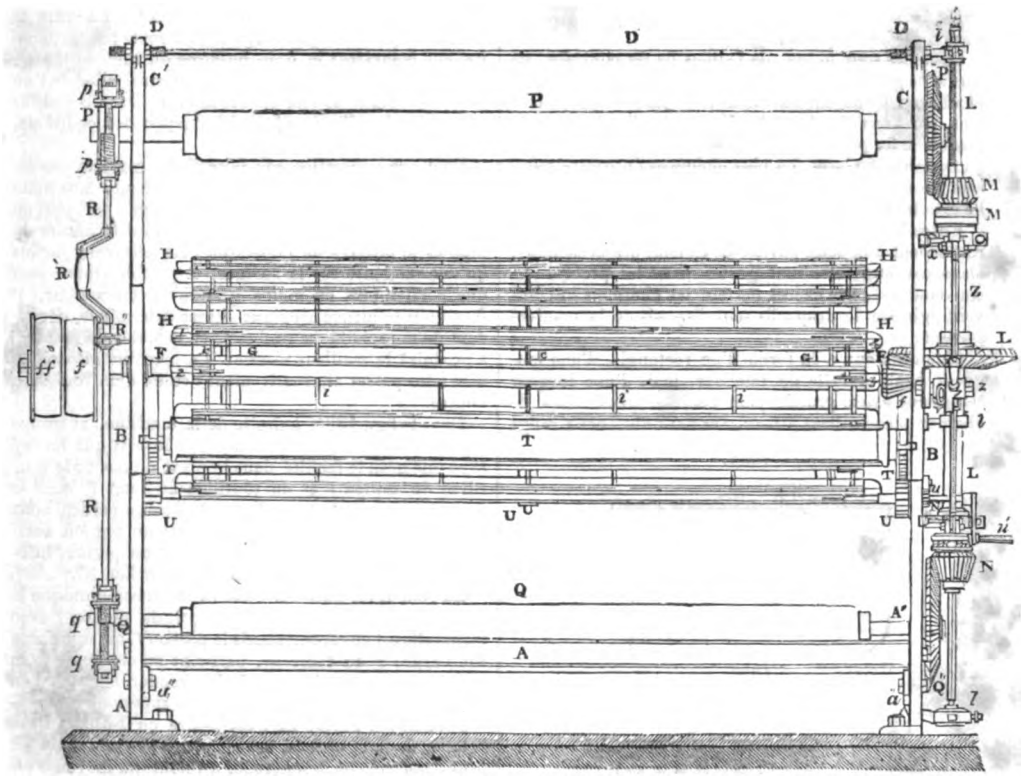
Le *tondage* s'opère sur le drap sec, et après chaque lainage. La tonte de toute la surface de la pièce se nomme une coupe.

On procède généralement, après la première eau, par donner deux coupes, à l'endroit, puis à l'envers, pour enlever la bourre formée par le foulage et rendre l'envers très propre et net. Après la deuxième eau, l'on ne tond plus qu'à l'endroit, on continue à ne donner que deux coupes, jusqu'après la quatrième eau ; l'opération se finit complétement après la cinquième, et lorsque le drap est retiré de la rame on donne alors au moins trente coupes.

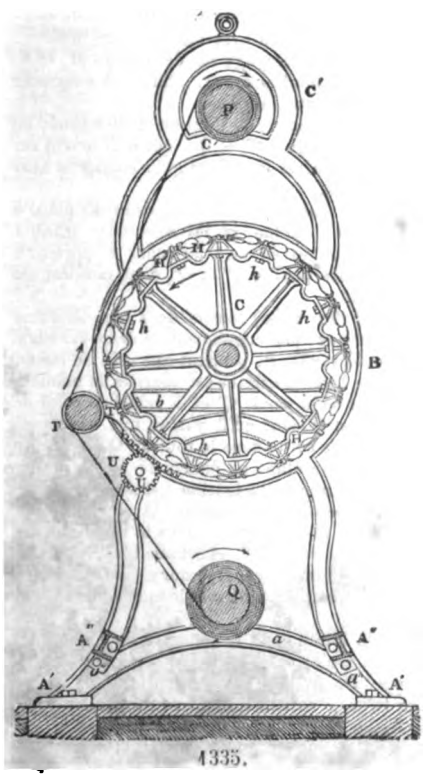
Jusqu'alors, c'est-à-dire tout le temps que le drap n'est pas ramé, on le dit à l'état de *traversage*, et les opérations ne prennent réellement le nom d'apprêts qu'à partir de ce moment.

Les coupes doivent être données le plus régulièrement possible et de manière à arriver graduellement le plus près qu'on peut du tissu, sans cependant l'attaquer assez près pour saisir et laisser entrevoir les croisements des fils, ce qui serait un défaut. Pour les couleurs vives et éclatantes, telles que l'écarlate, la jonquille, les bleus-clairs, on a soin de tondre un peu moins près, afin que la lumière qui est plus réfléchie par le duvet donne plus de brillant aux nuances ; les couleurs foncées qui absorbent la lumière doivent au

Digitized by Google



1334.



1335.

contraire être tondues le plus court possible, afin de donner un grain plus fin.

Le lainage et le tondage, comme la plupart des opérations, se firent exclusivement à la main, jusqu'à l'introduction des machines de Douglas, pour la fabrication des draps, qui fut provoquée et protégée par le gouvernement de la République et de l'Empire; cette introduction comprenait déjà une machine à lainer, mais le tondage se faisait encore avec de grands ciseaux nommés *forces*.

La machine à lainer par Douglas fut successivement modifiée, tout en conservant son premier principe, et elle est devenue aujourd'hui une excellente machine que nous allons décrire; nous donnerons ensuite également la description des ingénieuses machines à tondre qui ont été inventées quelques années plus tard et dont on se sert généralement aujourd'hui.

Les fig. 1334 et 1335 représentent une élévation de face et une section de la machine à lainer. A B C D A' B' C' D', est le cadre solide en fonte d'une pièce, ayant ses pieds un peu plus larges en dedans qu'en dehors et boulonnés à des blocs engagés dans le socle de pierre.

Les deux piliers sont unis en bas par deux traverses A'', fixées par de grosses vis aux oreilles a'', a'', et en haut par la barre de fer D, dont les bouts sont maintenus par des écrous aux points D', D'. Le tambour est monté sur un axe de fer F, qui porte à son extrémité de droite (fig. 1334), extérieurement au cadre, les poulies fixes f', f', qui font mouvoir la machine par une courroie sans fin venant du moteur.

A son extrémité de droite, en dedans du cadre, l'axe F porte un pignon conique F', pour transmettre le mouvement au drap comme on l'expliquera ensuite. Trois croisillons G, dont l'un est représenté dans la section (fig. 1335), sont comme d'ordinaire fixés par une clavette sur l'axe F. Leur contour est une bande sinueuse avec vis à cavités à demi-cylindriques, séparées par autant de portions de la circonférence.

L'un de ces trois croisillons est placé au milieu de l'axe F,

Digitized by Google

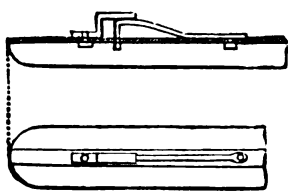
et les deux autres vers ses extrémités. On peut juger de leurs dimensions par la figure.

Ces côtés sont formés de feuilles de fer courbées, en forme de gouttière (fig. 1335), mais arrondies au bout et chacun d'eux est fixé aux trois jantes des croisillons par trois boulons *h*. La partie élastique de la plaque de fer permet de les ajuster assez bien, pour que leurs portions plates, les plus éloignées du centre puissent presque s'étendre sur une surface cylindrique dont l'axe coïnciderait avec celui de l'arbre F.

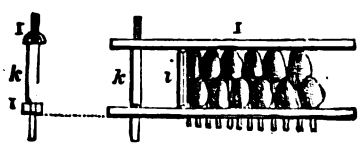
Entre les seize côtés, il y a seize intervalles qui correspondent aux seize cavités de chacun des croisillons. Dans ces intervalles sont ajustés, avec les précautions convenables, seize cadres portant les chardons qui doivent agir sur le drap ; ils sont disposés de la manière suivante :

Chacun d'eux a la forme d'un rectangle, d'une longueur égale à celle du tambour, mais d'une largeur seulement assez grande pour contenir deux têtes de chardon placées bout à bout, formant ainsi deux rangs

1336.



1337.



1338.

de chardons parallèles dans toute la longueur. La fig. 1338 représente une portion du cadre.

Le large côté I, contre lequel posent les extrémités supérieures des chardons, est creusé en demi-cylindre, et son côté opposé est fendu dans toute son étendue, pour recevoir les queues des chardons qui y sont placées et comprimées.

Il y a de plus des traverses *i* qui servent à maintenir les côtés du cadre I, à une distance invariable, et à former de petits compartiments pour tenir les chardons serrés les uns contre les autres. Les bouts sont fortifiés par des barres plus fortes K, K, avec des boulons en saillie, pour fixer les cadres entre les côtés.

La distance des côtés du cadre I I', doit être telle, que si un cadre est posé sur le tambour, dans l'intervalle de deux côtés, le côté I posera sur le plan incliné de l'un des côtés, et le côté I', sur le plan incliné de l'autre, pendant qu'en même temps les barres K, des deux bouts du cadre, posent sur la partie plate des côtés mêmes. Ce point étant assuré, il est évident que si les bouts des barres *k* sont arrêtés, le cadre sera fixé ; mais il n'est pas besoin qu'ils soient fixés d'une manière permanente, puisqu'il faut les enlever et les replacer fréquemment. Ils sont attachés par une espèce de clanche (fig. 1336), qui est fermée à un bout, et fournie à l'autre d'un ressort, qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté. 2 et 4 dans la fig. 1335 (près du bout de droite de l'axe F), montrent la place occupée par cette clanche, en levant son autre bout, puisqu'on baisse le cadre dans le croisillon de gauche.

Le drap est roulé sur le rouleau inférieur Q, figure 1335, de là il passe en contact avec un cylindre de bois T, tournant sur un axe, et s'avance vers le rouleau supérieur P, sur lequel il est roulé par un mouvement contraire ; le drap retourne du rouleau P à Q, en passant sur le cylindre T, et peut ainsi aller de l'un à l'autre autant de fois qu'il le faudra. Dans ces différents circuits, il est présenté à l'action des chardons, sous certaines conditions.

Pour que l'opération soit faite d'une manière convenable, il faut que le drap soit également tendu dans toute largeur pendant qu'il se meut ; il faut qu'il soit plus ou moins en contact avec le tambour, suivant la nature du drap et le progrès de l'opération. Ne décrivant parfois qu'une tangente sur la surface, et parfois embrassant une portion plus ou moins grande de son contour, il faut qu'il se meuve avec une vitesse déterminée, dépendant de la rapidité du tambour, et calculée de manière à produire le meilleur résultat. La machine elle-même doit faire passer alternativement l'étoffe d'un rouleau à l'autre.

Dans la fig. 1334, à droite de la machine, se trouve un arbre vertical L, aussi haut que le bâti qui tourne avec une grande facilité dans le pivot du bas *l* ; le tourillon du milieu *l'* et du tourillon du haut *l''* dans le prolongement de la barre D ; sur cet arbre vertical sont montés : 1° une roue conique L ; 2° un pignon aussi conique M avec son manchon M' ; 3° un pignon inférieur conique N avec également un manchon N'.

La roue L est fixée sur l'axe L, et lui communique le mouvement de rotation qu'elle reçoit du pignon *f* avec lequel elle est en rapport ; mais le pignon *f*, qui est monté sur l'arbre F du tambour, participe au mouvement de rotation que cet arbre reçoit du premier agent par le moyen de la poulie fixe *f'*. Le pignon supérieur M est indépendant sur l'arbre L, c'est-à-dire qu'il peut glisser le long, de haut en bas, sans être mû par lui ; mais on peut l'engrener ou désengrener à volonté au moyen d'un manchon d'embrayage M'.

Le pignon N et son manchon sont, par un mode semblable, mis en rapport l'un avec l'autre ou séparés.

Les manchons à embrayage ou débrayage M' et N' doivent être mus simultanément, afin de désengrener l'un pendant que l'autre engrène.

L'arbre L sert à mettre le drap en mouvement, au moyen des roues coniques P'' et Q'', qui se trouvent sur les extrémités des barres P et Q, et qui s'engagent dans les pignons M et N.

Le mécanisme destiné à étendre le drap est placé à l'autre bout de la machine, où les axes des rouleaux P et Q, sont prolongés au delà du cadre et portent à leurs extrémités les poulies P' et Q', dont chacune est armée d'un frein.

Le rouleau P (fig. 1334) tourne dans une direction opposée au tambour, par conséquent le drap est roulé sur P et déroulé sur Q ; si, pendant que cela se passe, la poignée R de l'axe des freins est tournée de manière à fermer le frein de la partie Q' et à relâcher celui de la poulie P', il est évident qu'il y aura une résistance plus grande ou plus petite dans le rouleau Q, et le drap qui le tire en se déroulant ne pourra le faire tourner que lorsqu'il aura acquis la tension nécessaire ; il faudra donc, pour accroître ou diminuer la tension, tourner le manche R' plus ou moins dans la direction qui arrête le frein de la poulie Q', et comme le serrage agit d'une manière très uniforme, il y aura également une tension très uniforme, pendant tout le temps que le drap passera.

De plus, si la diminution du diamètre du rouleau Q, rend la tension moins efficace, il faut desserrer faiblement le frein pour rétablir la tension primitive.

Lorsque le drap doit passer du rouleau P au rouleau Q, il faut baisser Z pour désengrener l'arbre L et engrener M' ; alors le rouleau de drap Q, étant mû par cet arbre vertical, tournera dans la même direction que

Digitized by Google

le tambour, et roulera le drap autour de sa surface.

Afin que cela puisse être fait avec une tension convenable, il faut laisser libre la poulie Q' en fermant le frein de la poulie P', de manière à opposer une résistance proportionnée.

Le drap est mis plus ou moins en contact avec le tambour de la manière suivante. Il existe pour cela un rouleau de bois T, contre lequel il porte en passant du rouleau Q au rouleau P, dont on peut changer la position relativement au tambour.

Il est évident, par exemple, qu'en partant de la position représentée dans la fig. 1335, où le drap décrit presque une tangente sur le tambour, si le rouleau T est haussé, le drap cessera de le toucher et que si au contraire il est baissé, le drap embrassera le tambour sur une position plus ou moins grande de sa circonférence. Pour produire ces effets, le rouleau est porté à chacune de ses extrémités par des goujons de fer qui se trouvent sur les têtes d'une crémaillère en arc T'' où il est simplement tenu par des goupilles; ces crémaillères ont la même courbure que le cercle du cadre auquel ils sont ajustés par deux boulons, et au moyen de fentes que traversent ces boulons, ils peuvent glisser de haut en bas, et par conséquent hausser ou baisser le rouleau T.

Mais pour graduer les mouvements et les rendre égaux dans les deux crémaillères, il existe un arbre V, soutenu par les piliers du cadre, et qui porte à ses deux bouts des pignons V', V'', qui communiquent avec les deux crémaillères T', T.

Cet arbre s'étend sur le devant du cadre et porte à son extrémité une roue à déclic *v* et un manche Y'. L'ouvrier n'a donc besoin que de saisir le manche, et de le tourner dans la direction de la roue à déclic pour hausser les crémaillères et le rouleau T qu'ils portent, ou de lever le cliquet, et de tourner le manche dans la direction contraire, quand il veut baisser le rouleau de manière à appliquer le drap sur une portion plus grande du tambour.

Les têtes de chardons dont on se sert pour le lainage sont celles de la plante que les botanistes connaissent sous le nom de *dipsacus fullorum*. Les petites pointes recourbées comme un hameçon, leur dureté et leur élasticité les rendent parfaitement propres au travail qu'elles ont à exécuter; mais le chardon le plus recherché par les fabriques du nord est en grande partie récolté dans le midi, quoique presque tous les terrains puissent cependant en fournir, mais sans que leur production offre les mêmes avantages dans les différentes localités : c'est donc une matière dont le prix est variable avec l'abondance et la rareté de sa récolte.

Cette circonstance, les soins de séchage qu'on est obligé de leur donner après chaque lainage pour empêcher la détérioration des pointes, le travail qui ne se fait que par les parties culminantes du chardon, le nettoyage qu'ils exigent pour enlever la laine qui s'y est attachée pendant le travail, sont autant de raisons qui ont dû provoquer des recherches pour substituer une autre mode de lainage ou pour arriver à créer des chardons artificiels en métal. De nombreuses et ingénieuses tentatives en France et en Angleterre jusqu'à ce jour sont demeurées sans succès, aucune d'elles ne réalisant autant de conditions favorables que le chardon naturel, malgré les inconvénients que nous avons signalés.

On a fait aussi des essais, et pris des brevets pour des machines circulaires dans lesquelles au lieu de faire agir les pointes des chardons perpendiculairement aux fils de la trame comme cela se pratique, on les faisait travailler circulairement et obliquement sur la surface du drap.

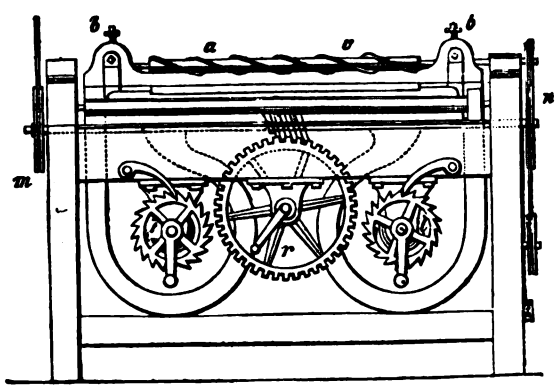
D'autres essais ont été faits qui avaient pour but de soutenir le drap du côté opposé à celui du lainage pendant qu'on pratiquait ce travail.

On a aussi tenté de combiner des applications de vapeur avec l'action du lainage, en disposant des tuyaux de vapeur sur le cylindre à chardons dans le sens de la longueur des cadres qui les portent et entre ces cadres, l'étoffe serait ainsi soumise alternativement à la chaleur et à l'humidité. Nous ne croyons pas devoir nous arrêter à la discussion de ces différents procédés, aucun d'eux n'ayant survécu et ne devait à notre avis survivre.

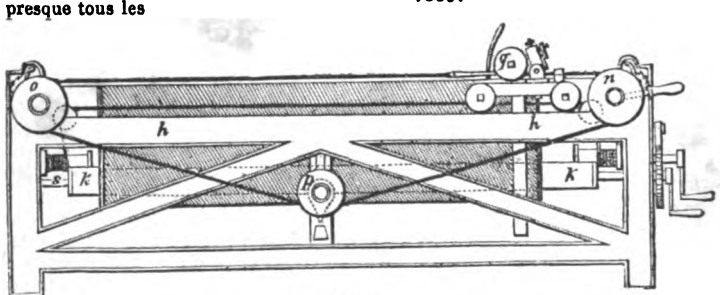
Tonte du drap. Parmi les machines pour tondre les tissus de laine, celles de Lewis et de Davis ont été très généralement employées. Ces machines ont été introduites en France par G. Collier où elles sont connues sous son nom.

La fig. 1339 représente le bout et la fig. 1340 un profil de la machine de Lewis pour tondre le drap d'une lisière à l'autre.

La fig. 1341 représente le chariot avec la table de la machine sur une échelle plus grande; *a*, est un cylindre de métal, sur lequel est fixée une lame d'acier triangulaire; ce fil est préalablement plié autour du cylindre



1339.



1340.

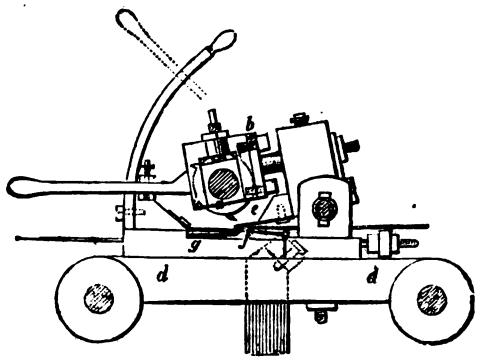
en forme d'hélice comme le représente *a a*, dans la fig. 1339.

Cette lame est en acier trempé et constitue le couteau destiné à raser le drap.

L'axe du cylindrique *a* tourne dans le cadre *b*, qui, ayant des ajustements convenables, est monté sur des pivots *c*, qui se trouvent dans le montant du chariot *d d*; *e*, est la lame fixe attachée à la barre *f* qui constitue l'autre bord du coupeur, c'est-à-dire la lame station-

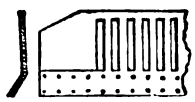
Digitized by Google

naire qu'on nomme lame femelle et contre laquelle agissent les bords du coupeur tournant auxquels on donne

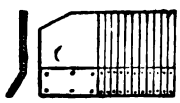


1341.

le nom de lame mâle ; *f* et *g*, sont des ressorts plats destinés à tenir le drap indiqué par des points contre les



1342.



1343.

bords coupants. On voit par les fig. 1342 et 1343 que ces ressorts *f* et *g* sont des plaques minces de métal coupées en bandes étroites ou percées de longs trous. Leur but est de soutenir le drap qui doit passer entre, et d'opérer comme un lit à ressorts, appliquant la surface du drap contre les coupeurs, de manière à ce que le duvet ou poil puisse être tondu, à mesure que le chariot *d* est tiré le long des rails supérieurs du bâti de la machine *h h*, au moyen de courroies commandées convenablement.

La pièce de drap que l'on veut tondre est roulée sur le rouleau *k*, et son bout dirigé à travers la machine, entre les ressorts plats *f g*, (comme on le voit dans la fig. 1344), vers l'autre rouleau *l*, puis attaché ; les côtés ou lisières du drap étant tenus étendus par de petits crochets. Le drap ainsi placé dans la machine et fortement tendu est maintenu dans cette position au moyen de roues à rochets qui se trouvent sur les bouts des rouleaux *l* et *l*. Au commencement de l'opération de la tonte, le chariot *d* doit être ramené en arrière, comme dans la fig. 1340, de manière à ce que les coupeurs soient tout près de la lisière ; le cadre des coupeurs est levé sur ses pivots, quand il recule, afin de ne pas endommager le drap, mais on le baisse ensuite avant de le faire agir. Une manivelle est appliquée à la poulie *m* qui, au moyen d'une corde sans fin, passée autour de la poulie *n* à l'extrémité opposée de l'axe *m* et autour des autres poulies *o* et *p* et de la petite poulie *q* sur l'axe du coupeur cylindrique, donne à ce coupeur un mouvement de rotation très rapide ; pendant ce temps une vis sans fin qui se trouve sur l'axe de *m* et *n* s'engageant dans les dents de la grande roue *r*, fait tourner cette roue, et un petit tambour *s* placé sur son axe pour rouler la corde, de manière que le chariot *d* avec les coupeurs *a* et *e*, et le lit à ressorts *f* et *g*, sont lentement, mais progressivement, avancés, et portent les coupeurs sur la surface du drap d'une lisière à l'autre, la rotation rapide du cylindre coupant *a* effectuant l'opération de la tonte.

Sur le cylindre coupant, entre les lames en spirale, on a proposé de placer des bandes de panne, en guise de brosses, pour relever le duvet ou poil à mesure que le cylindre agit, et par conséquent mettre les pointes de la laine en contact avec les coupeurs.

La même invention a été adaptée à une machine pour tondre le drap dans le sens de sa longueur.

La fig. 1344 représente une élévation géométrique de l'un des côtés de la machine établie par M. Davis. La fig. 1345, est un plan horizontal de la même machine, vue d'en haut, et la fig. 1346 une section prise verticalement en travers de la machine, près du milieu, afin de montrer les parties actives mieux que dans les deux autres figures précédentes. Ces trois figures représentent une machine complète fonctionnant, les coupeurs agissant par un mouvement de rotation et le drap étant placé sur le chariot, de manière à être tondu d'un côté à l'autre ; *a a a*, est le cadre de bois ou de fer, parfaitement assemblé par des traverses aux deux bouts et au milieu sur les côtés supérieurs du cadre. Il y a une série d'axes portant les rouleaux-guides, *b*, *b*, *b*, sur lesquels passent les barres latérales *c*, *c*, du cadre qui porte le drap, lorsqu'il passe sous les coupeurs dans l'opération de la tonte. Les côtés latéraux *c*, *c*, sont des barres de fer droites, ayant à leur partie inférieure des tranchants qui se meuvent facilement sur les rainures des rouleaux *b*, *b*, *b*. Ces côtés latéraux sont fortement unis par les traverses du bout. Le cadre glissant est muni des deux rouleaux inférieurs *e*, *e*, sur lesquels est roulé le drap que l'on veut tondre, des deux rouleaux supérieurs et latéraux *f*, *f*, sur lesquels le drap est conduit et soutenu, et des deux rouleaux du bout *g*, *g*, au moyen desquels les barres *h*, *h*, sont tendues.

Quand on se prépare à tondre une pièce de drap, toute la longueur de la pièce est d'abord roulée fortement sur l'un des rouleaux inférieurs *e*, qui doit être un peu plus long que la largeur du drap d'une lisière à l'autre.

On lève ensuite le bout de la pièce et on le passe par dessus les rouleaux latéraux *f*, *f*, d'où on le ramène sur l'autre rouleau *e*, et l'on attache ce bout à ce rouleau. Les crochets des barres *h*, *h*, sont alors engagés dans les lisières, et les deux rouleaux inférieurs *e*, *e*, ainsi que les deux rouleaux *g*, *g*, sont tournés afin de tirer le drap et de le tendre, laquelle tension est maintenue par des roues à rochets fixées aux bouts des rouleaux respectifs, ayant des cliquets qui s'engagent dans leurs dents.

On fait glisser avec la main, sur les barres du haut, le cadre qui porte le drap, de manière à ce que la lisière soit presque près du coupeur *i i*, prêt à commencer l'opération de la tonte ; on hausse alors le lit qui présente le drap aux tranchants des ciseaux.

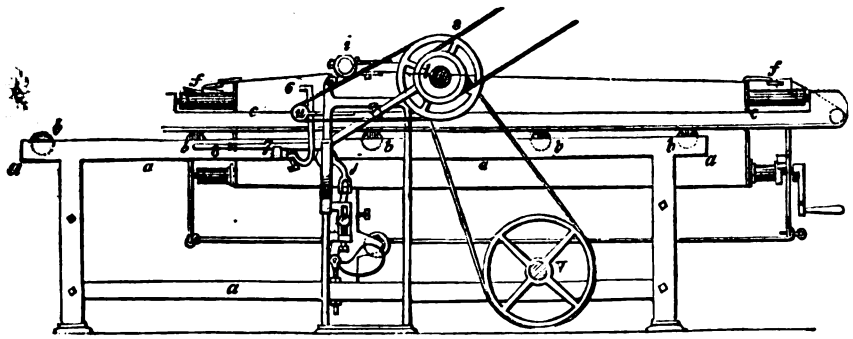
En considérant la section transversale, fig. 1346, on aura une idée de la construction du lit. Il est composé d'un rouleau de fer ou d'un autre métal *h*, *h*, ayant la forme d'un cylindre parfait, et recouvert de drap ou de cuir, afin que l'élasticité existe à un faible degré. Ce rouleau est monté sur des pivots dans un cadre *l l*, et il est soutenu par un rouleau plus petit *m*, monté de la même manière, lequel rouleau a pour but simplement de prévenir toute courbure ou dépression de la partie centrale du rouleau supérieur ou lit *k k*, de manière à ce que le drap soit tenu en contact avec toute la longueur des lames coupantes.

Afin que le lit *k* puisse se lever et tomber, pour présenter aux coupeurs le drap qui doit être tondu, ou pour le baisser après l'opération, le cadre *l l*, peut glisser du haut en bas dans le support, ou table à rainure *n n*, indiquée par des points.

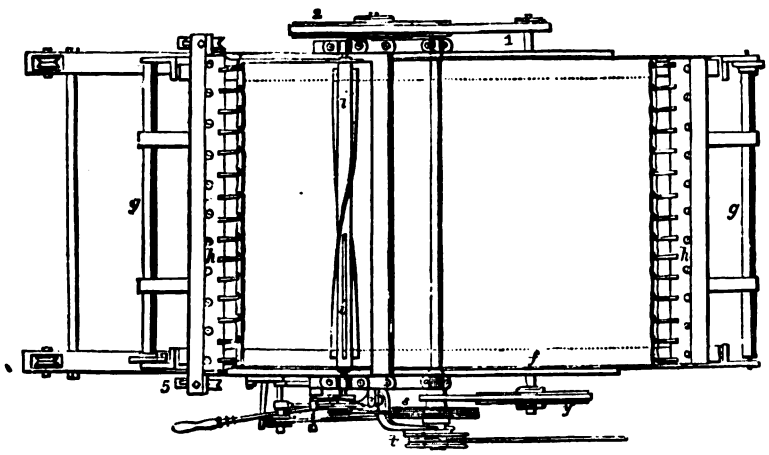
Ce support est situé vers le milieu de la machine, la traversant précisément sous les coupures, et il est fixé au cadre *a* par des boulons et des vis. Il y a un levier *o*, fixé à la barre transversale du support, qui tourne sur un axe qui lui sert de point d'appui. Le bout du bras le plus court de ce levier agit sous le centre du cadre glissant, de sorte qu'à l'aide du levier *a*, le cadre glissant ainsi que le lit, ceux-ci sont haussés ou baissés, et quand ils sont haussés, retenus par un cliquet à ressort *j*.

Digitized by Google

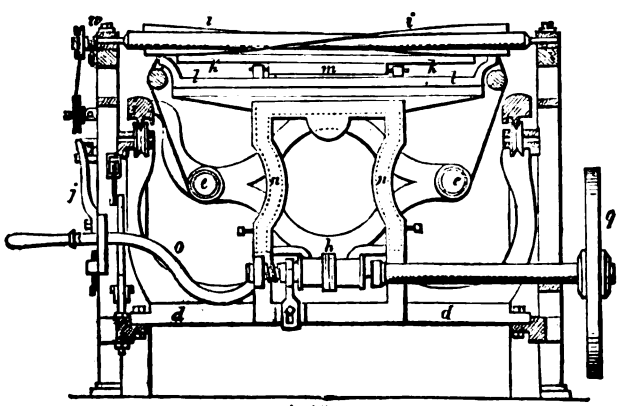
Après avoir expliqué la construction du lit qui supporte le drap, et comment il est levé de manière à tenir le drap en contact avec les coupeurs pendant l'opération de la tonte, il est nécessaire maintenant de décrire la manière dont sont construits les coupeurs et comment ils fonctionnent ; ce coupeur est représenté sur une plus grande échelle dans la fig. 1347.



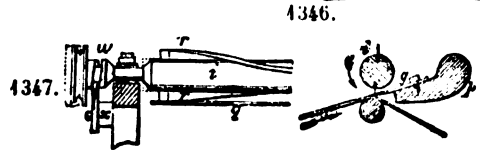
1344.



1345.



1346.



1347.

1348.

Dans cette figure on représente une partie des coupeurs dans la même position que dans la fig. 1346, et à côté (fig. 1348) se trouve une section des mêmes coupeurs, prise à angles droits. Dans la première, *p*, est une barre ou côté métallique, ayant un peu la forme d'un coin, qui est fixée au sommet du support ou table *a a*, et qu'on voit mieux dans la fig. 1344. A cette barre est attachée, au moyen de vis, une lame droite d'acier *g*, dont le tranchant s'avance parallèlement au centre du coupeur cylindrique *i*, et forme le tranchant inférieur fixe des ciseaux. Cette lame reste stationnaire, et se trouve en contact avec le poil ou duvet du drap, quand on hausse le lit *h*, de la manière que nous avons décrite plus haut.

Le coupeur ou lame supérieure mâle des ciseaux est formé par l'insertion dans les rainures du cylindre métallique *i i*, de deux lames d'acier *r*, *r*, disposées dans des directions telles qu'elles s'entrelacent ; les tranchants de ces lames *r*, pendant le mouvement du cylindre *i*, passent le long du tranchant de la lame fixe *g*, et par leur obliquité coupent comme des ciseaux, les tranchants des deux lames saisissant le poil ou duvet, lorsque le drap passe dessous, rasent les bouts de laine superflus et laissent la surface unie.

Le mouvement de rotation imprimé au cylindre *i*, au

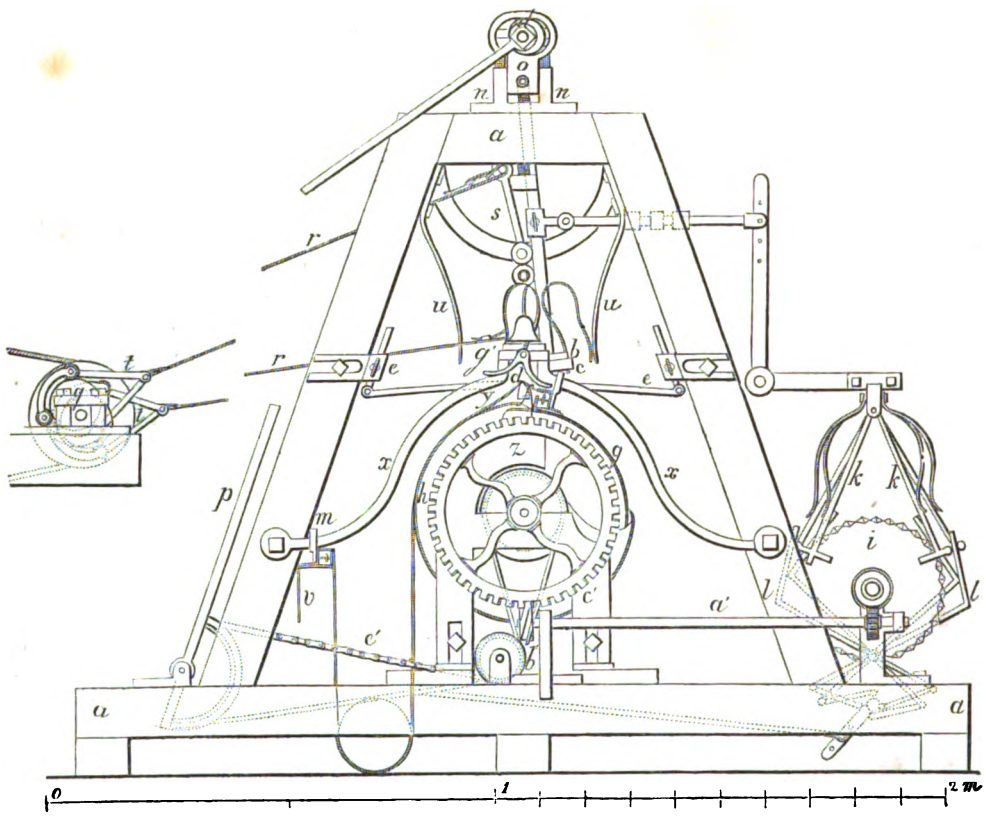
Digitized by Google

moyen d'une courroie venant d'une roue *s*, qui passe autour de la poulie fixée au bout du cylindre *i*, la roue *s* étant mue par une bande venant du métier et passée autour de la poulie *t*, fixée sur l'axe *s*.

Cette courroie est tendue par une poulie de tension *u*, montée sur une pièce mobile *v*, qui peut s'ajuster et qui est fixée au bâti par une vis, et ce bâti ou support peut être haussé ou baissé, par conséquent mis en rapport ou hors de rapport par un embroyage et un levier, ce qui met en mouvement la machine ou l'arrête.

Pour donner au coupeur un coup allongé, dont l'effet est de mieux tondre le drap, le coupeur supérieur a une action légèrement latérale, provenant de ce que barre latérale inférieure du bâti *a*. A l'extrémité opposée de cet axe se trouve une autre petite poulie 1, de laquelle une courroie passe à une roue 2, fixée sur l'axe 3, qui traverse près du milieu de la machine, et que l'on voit dans la fig. 1344. Sur cet axe se trouve une poulie autour de laquelle passe plusieurs fois une corde, dont les bouts sont attachés aux extrémités du chariot *d*. Lorsque cette poulie est donc attachée à l'axe, ce qui a lieu au moyen d'un embrayage, les mouvements de la machine que nous avons décrite font tourner la poulie 4, et au moyen de la corde passée autour, attirent progressivement et lentement sous les coupeurs le cadre et le drap.

Il nous reste seulement à indiquer comment la ma-



1349.

l'axe du cylindre coupeur est assez long pour pouvoir glisser latéralement d'environ 0m,02 dans ses coulisses ; ce mouvement est effectué par un manchon à gorge inclinée fixé à l'un des bouts. Ce manchon est formé par une rainure oblique taillée autour de l'axe (voyez *w*, figure 1347) et une dent *x*, fixée au cadre, et qui s'y engage quand le cylindre tourne. C'est par le moyen de cette dent que le cylindre glisse latéralement, d'une distance égale à l'obliquité de la rainure *w*, ce qui produit le coup allongé de la lame supérieure. Pour que la rotation du cylindre coupeur ne soit pas arrêtée par le frottement, la dent *x* est faite de deux pièces un peu séparées, de manière à ce qu'il y ait un faible degré d'élasticité.

Le drap passe progressivement sous les coupeurs de la manière suivante ; sur l'arbre de la roue (fig. 1345), et immédiatement derrière cette roue, il y a une petite poulie de laquelle passe une courroie sur une roue *g*, montée sur un arbre tournant dans des supports sur la chine cesse définitivement quand la lisière arrive aux coupeurs.

Au bout de l'une des barres *h*, se trouve un arrêt fixé par un écrou 5, qui, lorsque le chariot est avancé, est amené à presser un levier 6 ; alors un bras de ce levier agissant sous un cliquet 7, lève ce cliquet et permet au levier à main, que presse un fort ressort, de dégager le manchon de la roue 8, ce qui arrête le mouvement de la machine.

La partie inférieure du levier 6, étant jointe par une articulation au sommet du levier *j*, le levier 5, en se retirant, retire le cliquet inférieur *j*, et permet au cadre glissant *l l*, de descendre. En tournant alors les rouleaux inférieurs *e*, *e*, une nouvelle portion du drap se présente pour être tondue, et lorsqu'elle est convenablement tendue par les moyens décrits plus haut, on glisse le chariot en arrière, et toutes les parties de la machine étant mises en jeu, l'opération a lieu comme auparavant.

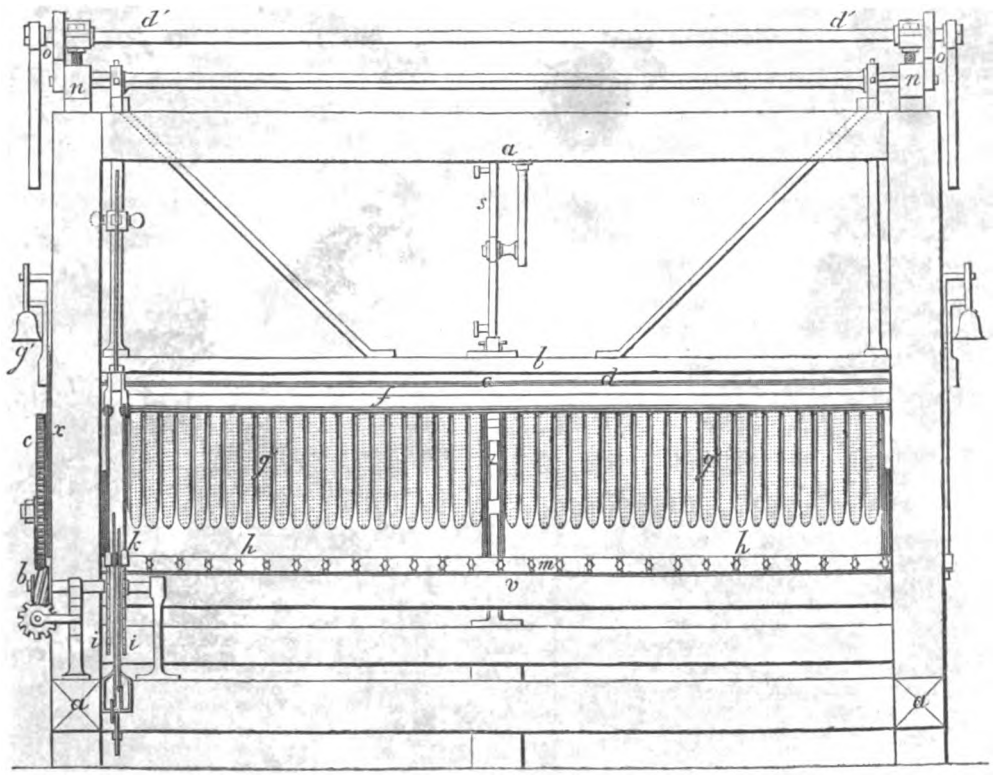
Digitized by Google

M. Abraham Poupart, de Sédan, inventa une machine remarquable, qui est moins en usage que celles que nous venons de décrire, mais dont on fait encore un assez fréquent emploi aujourd'hui.

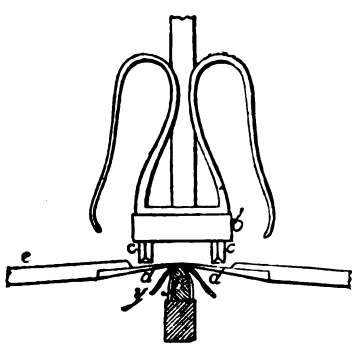
La fig. 1350 représente une vue de face de cette machine. La fig. 1349, une élévation latérale, et la fig. 1351, une élévation particulière sur une plus grande échelle de la table et des lames qui opèrent la tonte, ainsi que du balancier.

a, assemblage pyramidal en bois d'environ 2 mètres de long sur 1m,66 de haut et 1m,75 de largeur moyenne, portant à la partie inférieure des lames d'acier fondu *c*. Le mouvement de ce balancier fait passer ces lames sur deux autres lames *d*, fixes ou dormantes, parallèles, dites femelles, qui produisent la tonte à double effet, c'est-à-dire qu'elle a lieu sur tous les mouvements de va-et-vient du balancier. Le nombre de lames que porte ce balancier est indéterminé ; il peut être de quatre, six et plus, suivant qu'on désire abréger plus ou moins la tonte.

La tonte opérée sur tous les mouvements du balancier par les lames *d*, produit un effet très avantageux, en ce



1350.



1351.

formant le bâti qui supporte et réunit toutes les pièces qui composent la machine.

b, balancier en fer de 0,66 de haut sur 1,66 de large, que les coupes étant données successivement de droite à gauche et de gauche à droite, le poil du drap s'arrondit, se divise et acquiert une grande douceur.

e, bras portant les lames femelles *d*.

f, table élastique en fer recouverte d'un cuir et soutenant le drap sous les lames; ses dimensions aussi bien que celles de toute la machine en général permettent de tondre le drap longitudinalement ou transversalement.

g, deux cylindres en bois cerclés, ou enveloppés de cardes, qui accrochent le drap en dessous de la table élastique pour l'entraîner et le diriger à la tonte; le mouvement de ces cylindres dans la tonte transversale fait marcher le drap jusqu'à ce que les lisières se trouvent sous les tranchants des lames fixes; le mouvement rétrogradant alors soustrait la lisière à l'action de la tonte, sans néanmoins que cette tonte cesse d'avoir lieu sur le drap, quoique marchant en sens contraire.

Il est à remarquer ici que le drap n'étant que légèrement tendu dans la partie qui forme une ligne tangente du point des lames fixes à celui de la courbe des cylindres où le drap s'accroche, il en résulte que le drap ne

Digitized by Google

s'élargit point, qu'il conserve sa force et sa qualité, que la distance du point des lames fixes à celui de la courbe des cylindres étant invariable, produit une marche régulière, et par conséquent une tonte parfaitement égale.

h, chapes en tôle demi-circulaires et mobiles, enveloppant une partie des cylindres *g*, détachant le drap et empêchant qu'il ne roule sur ces cylindres ; des dents courbes qui terminent ces chapes, plongeant dans l'entre-deux des rubans de cardes qui garnissent les cylindres *g*, font, par le mouvement de ces cylindres, monter le drap sur les chapes et le détachent des cardes.

i, deux rochets imprimant le mouvement circulaire et rétrograde aux cylindres au moyen de cliquets *k*, communiquant au balancier; ces rochets sont fixés sur un même axe, leurs dentures sont en sens contraires; les cliquets s'engagent alternativement par un mouvement de leviers croisés *l*, sur l'un ou l'autre des rochets changent le mouvement circulaire suivant le sens des dents, l'arbre qui communique les divers mouvements aux cylindres est encore construit de manière à ce que le mouvement augmente ou diminue de vitesse, pour accélérer ou ralentir la marche du drap.

m, deux coulisses en tôle dirigeant les lisières pour les soustraire à la tonte; dans l'intérieur de ces coulisses se trouvent des molettes placées à des distances tres rapprochées, de manière qu'en y introduisant la lisière elles la pénètrent et la maintiennent latéralement, et qu'en tirant par les extrémités, les molettes en tournant la laissent venir et produisent ainsi un crochetage continu.

n, palier du balancier, mû par le secours d'un arbre excentrique, un mouvement vertical règle la pression des lames mobiles sur les lames fixes et fait cesser la tonte à volonté. Ces paliers ont leurs coussinets en cuivre *o*, qui forment chapes à l'arbre excentrique qui les unit.

p, levier servant à opérer tous les changements de mouvement de la machine en simplifiant la manœuvre au point qu'un enfant peut la diriger.

q, excentriques montés sur un arbre tournant et changeant le mouvement circulaire continu du moteur en mouvement alternatif et d'oscillation.

Ces excentriques tournent dans des chapes à galets *t*, qui communiquent au moyen de courroies à une bascule *s*, qui transmet ce mouvement d'oscillation au balancier.

u, ressorts de renvoi règlant la course du balancier et détruisant la force d'inertie dans les changements de mouvement.

v, étoffe fixée aux coulisses *m*, qu'elle entraîne suivant le mouvement des cylindres *g*.

x, guides et supports des coulisses *m*.

y, drap fixé par les lisières dans les coulisses *m*, et prêt à recevoir la tonte transversalement.

z, support en fonte portant l'axe des cylindres *g*, et la table élastique *f*.

d, arbre horizontal communiquant le mouvement vertical aux coussinets *o*, du balancier pour règler la pression des lames mobiles sur les lames fixes ou dormantes et faisant cesser la tonte à volonté.

a', arbre horizontal communiquant le mouvement des rochets *e'* aux cylindres *g*, à l'aide d'une vis sans fin *b'* qui engrène une roue dentée *c'* fixée sur l'axe de ces cylindres.

e', chaîne fixant la position des chapes *h*, suivant la marche du drap sur les cylindres.

f', tirant faisant mouvoir les petits leviers qui mettent en jeu les cliquets des rochets; *g'*, détentes avec sonnettes indiquant le moment où la lisière du drap arrive sous les lames fixes *a*, pour arrêter ou changer le mouvement.

La pièce de drap à tondre est conduite par un cylindre *e*.

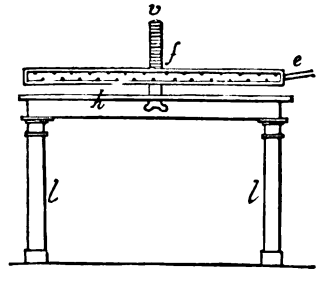
Pour arriver à une tonte parfaite, l'opération est non seulement réitérée avec la même machine à tondre, mais il est bon encore de changer de système de machine, et de tondre alternativement avec la tondeuse à hélices longitudinale et transversale, et de donner les dernières coupes avec la tondeuse Poupart ; on arrive de cette manière à la faire plus uniformément et le plus près possible.

Après le tondage, comme après chaque opération, on procède à une nouvelle visite pour s'assurer si le travail a été convenablement exécuté, si le drap a été tondu bien également et assez court, s'il n'est pas creux; car, dans ce cas, on le ferait passer à la vapeur, en donnant un peu de pression, pour pouvoir ensuite le travailler à la lainerie. Si, au contraire, il était trop fort, trop dur, s'il ne présentait pas assez de moelleux à la main, on le repasserait à la vapeur, à la pression ordinaire, et on recommencerait également une opération de lainage avec une faible tension.

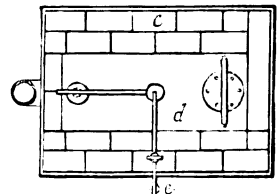
DERNIERS APPRÊTS.

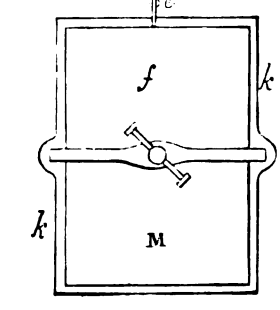
Apprêts à la chaleur et à la vapeur. Quand le drap a été trouvé réussi à point, on l'expose simultanément à une certaine température et à une pression considérable, pour bien coucher le duvet de la surface et lui donner le brillant recherché. Cet apprêt se fait maintenant généralement chez nous, en disposant le drap replié sur lui-même entre des cartes très lisses, qui sont chauffées par des plaques métalliques, dont la température a été élevée, soit par un chauffage direct soit par la vapeur qu'on introduit dans ces plaques, elles doivent par conséquent être creuses dans ce cas. Une planche assez épaisse en bois est placée entre les cartes dont nous venons de parler et cette plaque chaude; on forme de cette manière une pile de plusieurs pièces les unes sur les autres, recevant sur toute la hauteur trois à quatre plaques chaudes, autant qu'il y a de

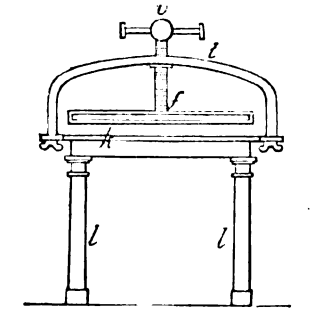
1352.



1354.







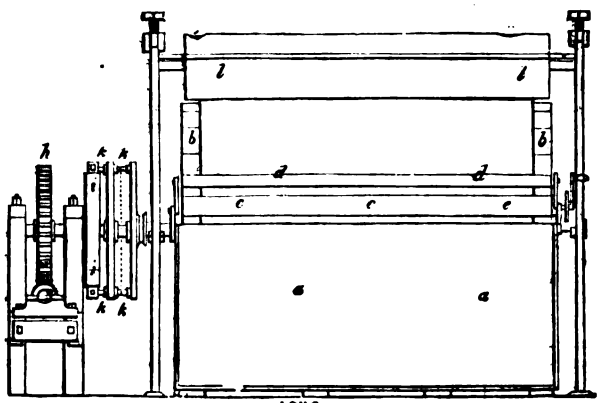
1353. 1355.

Digitized by Google

pièces d'étoffes. Ayant obtenu ainsi une pile d'une hauteur suffisante, on l'expose entre les deux plateaux d'une presse hydraulique, en la soumettant pendant quelques heures à une pression qui est rarement au-dessous de 200,000 kilogr. Cependant elle est bien moindre pour les draps fins que pour les draps communs.

Après le pressage, le drap a acquis un grand lustre, qui ne serait ni résistant ni agréable à l'œil, si on ne le décatissait en le faisant passer à la vapeur à basse pression, qui l'imprègne complétement. Cette opération est extrêmement simple : le drap se trouve étalé par couche sur une table, où il est fixé par une pression plus ou moins forte. La fig. 1352 représente cette table, dont *l*,*l*, sont les pieds ; le drap se place entre les deux surfaces *h* et *f* ; la vapeur arrive par l'orifice *e*, et se dégage par les petits trous à travers les plis du drap, que l'on a eu soin de recouvrir d'une flanelle pour mieux concentrer la vapeur. La pression dont nous avons parlé s'opère ici assez facilement à la main, au moyen de la vis *v* qui a son écrou dans une traverse recourbée *t* sur la table, qui est ajustée de chaque côté par des vis, comme le font voir les vues M de la table, fig. 1353 à 1355.

On a cherché, en Angleterre, à substituer à l'action de la vapeur, ou de l'eau bouillante qu'on emploie ordinairement, celle de l'eau chaude et de l'eau froide avec ou sans pression. Voici l'appareil inventé dans ce but par M. Hirst.



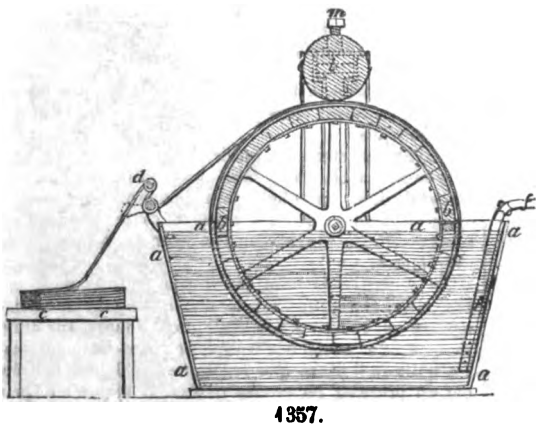
1356.

dans le milieu de la machine dans la direction de la figure 1358, et la figure 1358 représente le bout de la même machine : *aaa*, est un vaisseau de bois ou de fer, ou de toute autre matière convenable, incliné par devant et par derrière et perpendiculairement aux deux bouts. Il faut que ce vaisseau soit assez grand pour recevoir la moitié du diamètre du cylindre ou du tambour *bbb* qui y plonge, lequel cylindre a environ 1m,30 de diamètre et environ 2 mètres de long, ou quelque chose de plus que la largeur de la pièce de drap sur laquelle on doit opérer. On construit ce cylindre ou tambour *bb*, en réunissant des segments de bois taillés en cannelures sur leurs bords, et maintenus par des boulons à vis sur le cercle des croisillons de fer, ayant des bras et un axe qui en traverse le milieu.

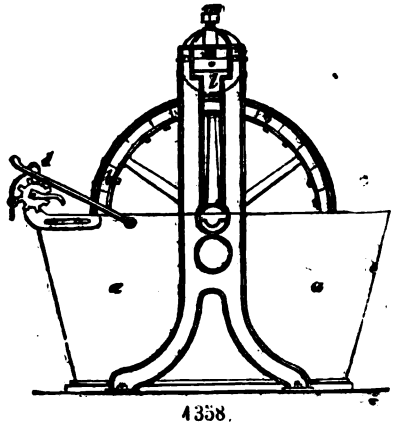
Le cylindre ou tambour étant ainsi fait, rendu uni sur sa circonférence, et monté sur son axe dans la cuve, on y roule aussi fortement que possible la pièce de drap ; ce qui se fait de la manière suivante :

On place le drap plié sur un tabouret, comme dans la figure 1357. On en fait passer le bout dessus et entre les rouleaux à tension *d*, *e* ; et puis le fixant au tambour, on attire progressivement le drap entre les rouleaux de tension retenus par un rouleau serré à vis sur la circonférence du tambour, en faisant tourner celui-ci sur son axe, jusqu'à ce que toute la pièce de drap soit roulée et serrée, puis on l'entoure de la toile ou de toute autre enveloppe pour la maintenir.

Si la cuve n'a pas d'abord été remplie d'eau pure et claire, on la remplit alors, comme on le voit dans la figure 1357, et on ouvre le robinet du tuyau *f*, qui vient d'une chaudière ; on permet à la vapeur de parcourir le conduit et de se décharger à la partie inférieure, ce qui élève la température de la cuve à environ 100° centigr. Avant que la température de l'eau ait monté, on imprime au tambour un mouvement de rotation lent, pour que le drap puisse être également chauffé dans toutes les parties. Le drap, par l'immersion dans l'eau chaude et par le passage à l'air froid, répétés successivement pendant l'espace de huit heures, acquiert, dit l'inventeur, une surface unie et douce sans que le tissu devienne dur ou soit endommagé d'une autre manière.



1357.



1358.

La figure 1388 représente l'appareil complet et prêt à fonctionner, vu de face.

La figure 1357 est une section transversale, prise

Le mouvement uniforme de rotation est indiqué par la figure 1358, dans laquelle *y* est une vis sans fin placée horizontalement, et mue par une machine à va-

Digitized by Google

peur ou tout autre premier mobile dont on se sert dans la fabrique. Cette vis sans fin s'engage dans les dents de la roue verticale *h*, et meut cette même roue sur l'axe de laquelle est fixée *e e*, et par conséquent tourne continuellement avec. Au bout de l'axe du tambour se trouve monté un manchon d'embrayage glissant *k k*, qui, lorsqu'il est dans la position indiquée par les points dans la figure 1358, produit la jonction; le débrayage s'opère en sens inverse.

Après avoir opéré sur le drap de la manière décrite, en le passant dans l'eau chaude pendant le temps requis, il faut tirer l'eau chaude par un robinet qui se trouve placé au fond de la cuve, ou par un autre moyen, et la remplacer par de l'eau froide. On tourne le drap dans cette eau froide, de la manière indiquée plus haut, pendant 24 heures, ce qui fixe le lustre que la surface du drap a acquis par son immersion dans l'eau chaude, et laisse le duvet doux et soyeux au toucher. Dans l'opération à l'eau froide, M. Hirst emploie quelquefois un lourd rouleau de pression *l*, qui, disposé dans des montants sur le cadre, tourne avec le grand tambour roulant sur le drap à mesure qu'il passe. On peut faire agir le rouleau sur le drap avec la pression que l'on désire, en baissant les vis *m*, *n*, ou par l'emploi de leviers chargés de poids, si on le juge nécessaire.

Après l'apprêt dont nous venons de parler, on soumet de nouveau le tissu à l'action du chardon, dans le but seulement de démêler la surface des filaments que la vapeur a trop condensés. Cette opération, que l'on nomme *gitage*, se pratique avec du chardon en partie usé, afin de produire un effet moins énergique.

Tension à la rame. On rame un drap en l'étendant humide sous la tension nécessaire pour donner à la surface les dimensions voulues, et on ne le retire de la rame que lorsqu'il est parfaitement sec. On lui fait subir, sous cette tension, un fort brossage dans la direction du poil.

Les dimensions ordinaires adoptées pour la draperie sont de 45 à 50 mètres sur 1m,50 pour une pièce entière. Quelquefois on fabrique par demi-pièces qui ont une longueur moitié; certains articles spéciaux se font aussi parfois sur une largeur moindre.

Ce séchage à la rame s'opère le plus communément, et lorsque le temps le permet, à l'air libre, et, dans le cas contraire, dans des séchoirs chauds dans les deux circonstances. Voici les dispositions généralement employées.

L'appareil habituellement employé se compose de deux montants supportant un sommier fixe. Une traverse, placée à la partie inférieure, peut glisser le long des montants; elle est arrêtée au moyen de boulons entrant dans des trous correspondants aux diverses positions de cette pièce le long des montants. Celle-ci est articulée en plusieurs points ce qui permet de tendre plus ou moins certaines parties, afin de redresser plus également les inégalités que la pièce pourrait représenter sur la largeur, et tendre un peu plus les parties étroites, *et vice versâ*.

Les deux traverses sont garnies sur toute leur longueur d'une ligne horizontale de petits crochets ou traverses qui existent également sur toute la hauteur d'un montant vertical; l'autre extrémité est terminée par un montant, à côté duquel se place le cylindre vertical sur lequel le drap est enroulé.

On commence par dérouler le drap et par l'accrocher sur sa largeur au montant vertical; puis on le tend sur sa longueur, au moyen du cylindre vertical dont nous venons de parler. Cette tension en longueur étant terminée, on l'accroche au haut et au bas à sa lisière; l'accrochage terminé, la tension opère sur sa largeur, en faisant descendre plus ou moins la traverse inférieure, comme nous l'avons indiqué; on brosse ensuite l'étoffe ainsi apprêtée, au moyen d'une brosse circulaire qui a toute la largeur de la pièce.

On laisse sécher l'étoffe tendue avant de la décrocher; une tension trop forte ne peut faire gagner en longueur qu'au détriment de la solidité.

Cette tension en largeur, par partie, est longue, serait difficilement applicable dans les séchoirs chauds, qui sont ordinairement à une température extrêmement élevée et où il y a peu de place.

Nous avons fait construire des rames pour lesquelles la tension s'opère en une seule fois par un mouvement mécanique placé à l'extérieur du séchoir, et pour plus de commodité nous avons rendu le chapeau supérieur mobile.

Dans notre système, c'est la traverse supérieure qui est mobile le long de deux guides verticaux, et la traverse inférieure qui est fixe. Le mouvement s'opère à l'aide de chaines passant sur des poulies, et venant s'assembler horizontalement à une tringle à laquelle le mouvement est imprimé; l'extrémité filetée de cette tringle (guidée pour ne pouvoir tourner), passant dans un écrou, mû par un engrenage.

On voit, par cette disposition, qu'à mesure que la vis avance, elle entraine la chaîne, fait, par conséquent, monter le chapeau, et tend le drap en largeur dans le mouvement inverse. Il y a, au contraire, diminution de largeur.

Cette disposition offre l'avantage de pouvoir placer deux pièces égales sur une même rame de chaque côté et de pouvoir les tendre ensemble. Un tuyau de vapeur, dont le rayonnement sèche les deux pièces à la fois, est placé à la partie inférieure.

Cette manière de ramer présente les inconvénients d'exiger une grande étendue de place qu'il serait important d'économiser dans les grands centres industriels. C'est pour remédier à cet inconvénient et pour pouvoir parvenir à un séchage plus économique et mieux entendu que nous mettons la dernière main à une nouvelle machine à ramer.

Tonte en apprêts. Après le séchage et le décrochage du drap de la rame, on le reporte de nouveau aux tondeuses pour donner les dernières coupes qu'on nomme tonte des apprêts. C'est surtout ce tondage qui doit se faire alternativement sur les différents systèmes de tondeuses. Le drap est ensuite fortement brossé par une brosse mécanique. A cette période du travail, on le soumet une seconde fois à la presse hydraulique, en chauffant des plaques comme la première fois, et enfin à un courant de vapeur pour décatir. Ce dernier décatissage est suivi d'un dernier pressage à froid, c'est-à-dire que le drap est disposé entre des cartes lisses qui ne sont plus chauffées; mais alors on donne la plus forte pression.

Cette pression à froid termine la série des opérations. L'étoffe est alors prête à être mise en toile et à être emballée.

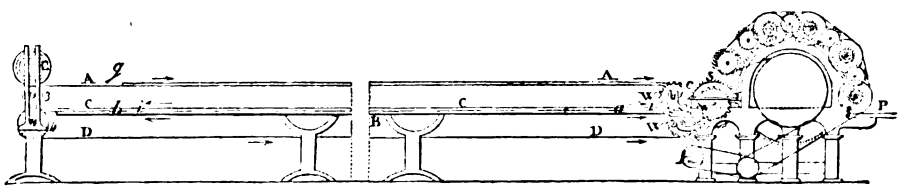
DRAPS-FEUTRES. Se servir exclusivement des propriétés feutrantes de la laine pour en former des surfaces flexibles de dimensions indéterminées sans le secours du filage et du tissage, tel est le problème qui a été résolu par l'inventeur des machines à produire du drap feutre.

La tentative de faire des étoffes feutrées n'est pas nouvelle. Desmarest, dans un intéressant mémoire adressé en 1806 à l'Académie des sciences, sur différentes étoffes anciennes trouvées à Saint-Germain-des-Prés, dit qu'il pense que les étoffes en laines feutrées ont dû précéder les étoffes tissées. Il ajoute : « On a voulu, dans ces derniers temps, introduire dans le commerce des étoffes produites par le feutrage seulement, dont on vantait le bon marché et le bon usage; mais, dans les habits, on a bientôt reconnu les inconvénients de ces fabrications imparfaites; car on a vu

Digitized by Google

qu'un grand nombre de laines, même celles du Berry, qu'on feutrait avec la plus grande facilité, perdaient aussi aisément les effets du foulon, en sorte que les étoffes se décomposaient après un usage de peu de durée. D'ailleurs il est fort difficile d'obtenir des feutres d'une force égale dans toutes leurs parties. Je ne doute donc pas que les anciens, s'ils se sont attachés d'abord au travail des laines simplement feutrées, comme Pline semble l'indiquer, ne les aient abandonnées comme des produits d'une fabrication fort imparfaite, et n'aient pris pour base de leurs feutres des toiles de laines plus disposées à recevoir également l'action du foulon, que l'échantillon ancien de drap foulé trouvé dans les tombeaux de Saint-Germain-des-Prés. Ce sont ces avantages que les anciens n'auront sans doute pas méconnus. »

On se rappelle sans doute encore la sensation que causa naguère la nouvelle de cette invention dans le monde industriel et surtout dans l'industrie des laines, lors de son apparition, et les merveilles racontées par



1359.

les cent bouches de la renommée. Qui eût pu prévoir qu'avant peu l'indifférence sur cette remarquable invention serait aussi complète que sa réputation avait été grande ? Et cependant nous ne pouvons que répéter aujourd'hui ce que nous nous sommes permis d'écrire alors dans une petite note (1).

Nous disions que cette nouvelle application ne méritait certes pas la réputation et n'avait pas la portée que ses partisans intéressés ou non cherchaient à lui donner, mais que nous l'estimions également bien plus digne de fixer l'attention des hommes sérieux que ne le prétendaient ses détracteurs.

Il y a à peine cinq ans que nous tenions ce langage, et depuis longtemps il est prouvé que notre appréciation sur l'engouement d'alors était exacte; et malgré le profond abandon dans lequel on a laissé tomber ce nouveau procédé, nous persistons à croire qu'il mérite mieux, non comme rival ou concurrent des industries similaires existantes, mais comme pouvant créer des produits utiles nouveaux, en leur donnant des propriétés qu'il serait impossible à ces dernières de produire au même prix, et que tôt ou tard l'exactitude de notre jugement sur ce point sera également démontrée. Une récente visite, que nous venons de faire au seul établissement de ce genre qui a survécu en France, a augmenté notre conviction à ce sujet, et nous fait penser que cette industrie est loin d'occuper la place qu'elle se fera sans doute un jour; l'examen des machines nous a démontré qu'elles sont restées, sauf quelques légères modifications, ce que l'inventeur les avait faites dès leur mise au jour, nous n'avons donc qu'à reproduire les figures de ces machines, qui ont été données, lors des premières publications de cette invention, par plusieurs journaux spéciaux.

La fig. 1359 présente une vue latérale d'une carde ordinaire, et telle qu'on en fait usage dans la fabrication du drap-feutre. La laine étant bien purgée, sèche et suffisamment ouverte, est mise sur une toile sans fin qui l'engage dans la machine où, après avoir été cardée convenablement, elle est enlevée par un cylindre déchargeur S A C, est une grande toile sans fin supérieure qui passe sur les rouleaux 1 et 3. BD, une deuxième toile sans fin inférieure semblable, menée par les rouleaux 2 et 4.

Ces rouleaux tournent au moyen des roues d'engrenage W, W, W, qui sont fixées, la première sur le cylindre déchargeur de la carde, et les deux autres sur les rouleaux 1 et 2. Sur toute la longueur et la largeur de la toile sans fin inférieure, il existe une table en bois mince. Les deux toiles sans fin, ainsi que les rouleaux, tournent dans la même direction, ainsi que le font voir les flèches du dessin, c'est-à-dire que les deux surfaces *a* et *b* de ces toiles sans fin s'avancent dans le même sens et avec une vitesse dépendante de celle du cylindre déchargeur de la machine à carder.

La laine cardée est enlevée au cylindre déchargeur par un peigne mis en mouvement alternatif par la manivelle ordinaire *k*, et délivrée sous forme de nappe aux deux toiles sans fin qui, a-t-on dit, tournent dans le même sens.

Celles-ci la conduisent entre les rouleaux 3 et 4, à la sortie desquels on la relève pour la faire passer entre les rouleaux 3 et E, et circuler sur la partie A, de la toile sans fin supérieure où elle s'avance vers la carde; arrivée en ce point, on la fait tourner autour du rouleau 4, puis on la double entre les rouleaux 1 et 2, d'où elle continue son mouvement dans le même sens. On superpose ainsi des couches successives les unes sur les autres, jusqu'à ce que la nappe ainsi doublée ou réunie ait acquis l'épaisseur convenable. Dans ce travail, la nappe reste constamment en contact ou adhérente à la toile sans fin A C, au moyen de celle inférieure B D, dont c'est la principale destination. On peut donner à cette toile A, C, une longueur et une largeur correspondantes à celles de la carde dont on fait usage, et par conséquent y travailler un poids déterminé de laine, afin de produire une nappe d'une épaisseur ou d'un poids donné par mètre courant.

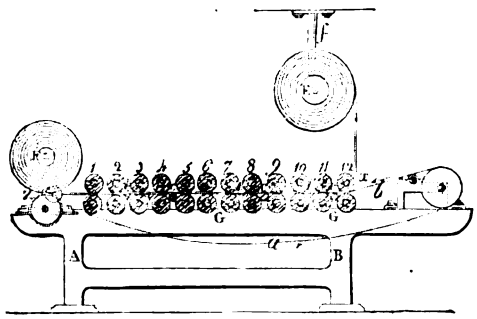
Lorsque la nappe a acquis une épaisseur suffisante, on la coupe transversalement en *g*. Une des extrémités coupée est repliée sur le rouleau E, où, par suite de la pression de celui-ci sur la toile sans fin A C, elle s'enroule fortement. Ce rouleau attire ainsi peu à peu toute la nappe doublée, qui entraîne avec elle une nouvelle portion de laine qui lui est délivrée par la carde, et destinée à former une autre nappe; cette portion, après que la nappe est enlevée, monte à son tour sur la partie supérieure de la toile sans fin A C, et là recommence ainsi un nouveau doublage qui donne la nouvelle nappe, laquelle est enlevée comme la première. C'est de cette manière qu'on produit successivement des nappes les unes après les autres.

Le rouleau E, avec la nappe qui s'est enroulée dessus, est transporté sur une autre machine (fig. 1360), qu'on nomme machine à feutrer, et placé entre les crochets *f*. AB, indique le bâti de cette machine, et 1,2,3, 4,5, sont les cylindres feutreurs rangés en deux séries longitudinales superposées l'une à l'autre.

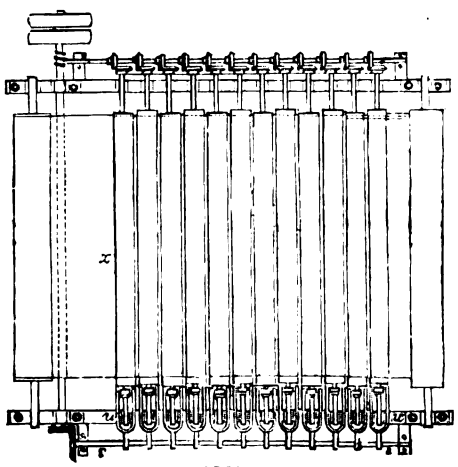
(1) Journal des usines.

Digitized by Google

Ces cylindres sont habillés d'une étoffe élastique, et sur les inférieurs passe une toile sans fin mobile A B. Il y a aussi quelques tubes à vapeur C, C, C, entre les cylindres inférieurs et le dessous de la nappe. Ces tubes se prolongent d'un côté à l'autre de cette nappe et sur toute sa largeur, et sont percés supérieurement de petites ouvertures qui livrent le passage à la vapeur lorsqu'elle est destinée à humecter et réchauffer le feutre.



1360.



1361.

bre S, S, (fig. 1361) placé transversalement à ces cylindres, ou suivant la longueur de la machine.

Cet arbre porte des excentriques qui produisent un mouvement alternatif longitudinal de 9 à 10 millimètres dans les cylindres supérieurs par le moyen des fourchettes à coussinets *n*, *n*, qui portent un des tourillons de ces cylindres.

Les cylindres feutreurs tournent avec lenteur au moyen d'une disposition simple qu'on voit dans la figure, en entraînant dans leur marche la toile sans fin. Entre plusieurs de ces cylindres, on a placé des tubes creux en métal qui sont chauffés par la vapeur et ont pour destination de favoriser par la chaleur l'action par laquelle les brins de laine pénètrent les uns dans les autres ou se feutrent.

Le rouleau E, chargé de la nappe, ayant été placé entre les crochets, ainsi qu'il a été dit, on introduit l'extrémité de cette nappe en *x*, entre la première paire de cylindres de la machine à feutrer.

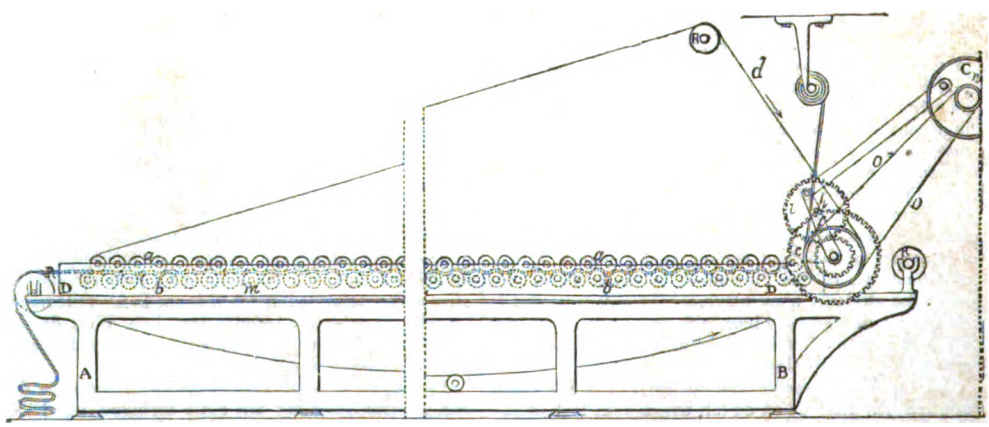
Cette nappe se déroule entre les deux séries de ces cylindres qui la transforment, par suite du frottement dû au mouvement alternatif qui a lieu suivant la longueur, de ceux de la série supérieure, ainsi que de l'humidité et de la chaleur, en un feutre épais, lâche et qui commence à rentrer.

Ce feutre, qui n'est pas en effet complétement formé, s'enroule après ce passage, en quittant la toile AR, sur un rouleau F d'où, après que celui-ci est complétement chargé, on le déroule aux machines suivantes.

Le feutre en sortant de la machine à feutrer a besoin d'être soumis à un nouveau travail dans une machine à fouler qui achève le feutrage de la nappe et la transforme en drap. Cette machine est établie ainsi qu'il suit :

A B (fig. 1362), est un bâti entre les montants duquel est placée une auge DD, remplie d'une dissolution propre à favoriser le feutrage.

Sur le fond de cette auge rampe un serpentin percé de trous qui sert à porter, au moyen de la vapeur, la liqueur à l'ébullition; l'auge est en bois et doublée en plomb; elle a une profondeur double à la grosseur des cylindres, de façon que les cylindres inférieurs tout entiers et la moitié de ceux supérieurs se trouvent plongés dans la liqueur. Sa longueur est déterminée par le nombre des cylindres qui ne doit pas être moindre de soixante. Tous ces cylindres sont en fonte. Ceux de la série supérieure *a*,*a*,*a*, sont placés entre les intervalles qui laissent entre eux ceux *b*,*b*,*b*, de la série inférieure, ce qui produit pour chacun d'eux une double ligne de contact. Les cylindres supérieurs sont mis en mou-



1362.

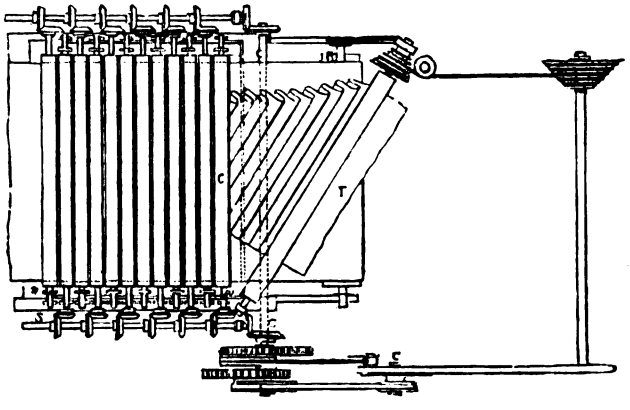
La série supérieure des cylindres reçoit un mouvement de va-et-vient longitudinal, au moyen d'un ar- | vement par des roues d'angle que commandent d'autres roues du même genre portées par des arbres S, S,

Digitized by Google

disposées alternativement de part et d'autre de la machine. Ces cylindres font mouvoir les inférieurs par le secours des roues dentées *m*, *m*, *m*, montées sur les tourillons de ces cylindres et alternativement opposés aux engrenages coniques. Les arbres S, S, s'étendent des deux côtés sur toute la longueur de la machine, et sont en communication à l'une de leurs extrémités, et également au moyen de roues d'angle avec un gros arbre transverse G. Chaque cylindre supérieur pèse de tout son poids sur ceux inférieurs.

Afin de pouvoir conduire le feutre d'une extrémité de la machine à l'autre, on fait passer sur les rouleaux R,R, deux toiles sans fin *d*, *d*, l'une supérieure, l'autre inférieure, qui circulent par frottement sur les cylindres en métal, et lors de leur entrée dans la première paire de cylindres *c*, *c*, saisissent le feutre entre elles, et ne l'abandonnent que lorsqu'il est parvenu à l'extrémité postérieure de la machine, où l'une des toiles se relève pour revenir par la partie supérieure, tandis que l'autre descend pour retourner par la partie inférieure.

A cet arbre principal *c* se trouve lié un appareil dont le but est de donner aux deux séries de cylindres un mouvement alternatif en avant et en arrière, et en même temps de faire marcher successivement en avant le feutre qui se trouve ainsi alternativement pressé entre eux et abandonné à lui-même, ce qui accroît l'action de la machine sur le feutre et peut dispenser, en outre, de le faire passer plusieurs fois. G, est une poulie qui reçoit un mouvement d'une vitesse convenable du mécanisme moteur; sur cette poulie est un bouton excentrique *e* qui fait mouvoir une manivelle *f*, *f*. Cette manivelle n'est pas fixée sur le grand arbre *c*, mais sur la grande roue *g*. *h* est un pignon placé d'un côté de cette manivelle et qui engrène dans la grande roue *g*. De l'autre côté de la manivelle se meut, par son entremise, une roue dentée *i*, assujettie sur l'arbre du pignon *h*. Cette roue commande une autre roue dentée *m*, qui tourne librement sur l'arbre principal et sur laquelle on a vissé concentriquement une poulie *x*. On voit par cette disposition comment on parvient à produire avec la poulie et la roue dentée un mouvement alternatif qui ne sert toutefois en rien à porter le feutre en avant.



1363.

Pour donner cette marche en avant au feutre, on a établi une petite poulie *n*, sur l'arbre de la poulie G, et sur laquelle passe la courroie *o o*, qui mène la poulie *x*, et est destinée à donner le mouvement en avant alternatif continu.

Afin de produire un feutre ou drap aussi solide que possible dans toutes ses parties, il est nécessaire de fouler la matière suivant plusieurs directions. Or, le mouvement alternatif de la machine ne produit qu'un foulage suivant la longueur, afin de le faire aussi rentrer suivant la largeur; on a besoin de le soumettre à l'action d'une deuxième machine à fouler (fig. 1363), disposée de la même manière que la première, mais pourvue d'autres cylindres qui travaillent par dessous, et qui produisent un frottement suivant la largeur. Ces cylindres, placés dessous, sont disposés de telle façon qu'ils font, avec la toile sans fin inférieure, un angle d'environ 45°, et se meuvent avec une vitesse quatre à cinq fois plus grande que la toile sur laquelle le feutre est étendu.

L'un de ces cylindres T, est indiqué dans la figure 1363; ce sont eux qui servent à faire rentrer sur sa largeur ou à fouler dans ce sens l'étoffe qui a été plissée à l'avance en plis assez larges, et présentés obliquement aux cylindres entre lesquels on l'a fait passer plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'on ait atteint le but.

Le feutre étant préparé ainsi, il ne reste plus pour lui donner toute sa perfection, qu'à le passer au moulin à foulon ordinaire; mais peut-être serait-il mieux de le terminer à la machine à fouler, attendu que le foulon lui donne assez souvent une surface rude et inégale.

Nous devons ajouter à la description des machines employées pour les tissus feutrés, que, dans l'état actuel des choses, cette industrie ne peut avoir la prétention de produire de la draperie, même ordinaire, car elle ferait certes moins bien et sans avantage de prix, les dépenses pour le filage et le tissage se trouvant à notre avis compensées par les éléments qui constituent les frais à faire pour le nouveau procédé qu'on leur a substitué, et qui ne peut donner à sa draperie les caractères essentiels si recherchés dans celle manufacturée par le tissage.

Le travail des apprêts surtout exige, en effet, l'emploi de machines nombreuses dont la dépense compense, par conséquent, en grande partie les avantages que paraît offrir leur rapide production.

Mais il n'en sera plus de même, lorsqu'au lieu de se livrer à la draperie l'industrie-feutre fabriquera exclusivement les étoffes qui n'ont besoin que de très peu ou point d'apprêts; tels que les tentures communes, tapis imprimés, les couvertures de toute nature, les étoffes pour meubles, les vêtements grossiers et imperméables pour la marine, et de fatigue pour les ouvriers. Elle pourra, dans cette spécialité, travailler avec avantage. Il lui est réservé de créer des produits nouveaux, tels que les feutres pour rouleaux d'impression, pour couvertures de machines, dans le but de conserver la chaleur, des bandes pour courroies de commandes, dont nous avons vu déjà des essais heureux, elle ne se bornera certes pas à ces articles, si, comme nous le pensons, elle comprend tout le parti à tirer de ses ingénieuses machines; elle pawiendra à doter le pays d'une foule d'autres produits à bon marché dans l'intérêt de son avenir, et à l'avantage du consommateur et de l'hygiène publique. MICHEL ALCAN.

LAIT (*angl.* milk. *all.* milch). Le lait est un liquide opaque, d'un blanc mat et d'une odeur agréable, d'une saveur douce et légèrement sucrée, et qui est sécreté par les glandes mammaires des femelles de divers animaux.

Lorsqu'on abandonne du lait au repos dans un lieu

Digitized by Google

frais et tranquille, il se forme, au bout de quelque temps, à sa surface, une couche d'une matière légère, épaisse, onctueuse, agréable au goût, d'un blanc mat, souvent un peu jaunâtre, qui porte le nom de *crème*. Le lait qui reste après l'enlèvement de la crème a une plus grande densité qu'auparavant, une couleur moins opaque et une consistance moins onctueuse, c'est alors du *lait écrémé*. La crème soumise à l'agitation à une température de 15°, se prend en partie en une masse jaunâtre, de consistance ferme, qui constitue le BEURRE. La partie de la crème qui ne se concrète pas et qui ressemble à du lait écrémé porte le nom de *lait baratté* ou *lait de beurre*.

Lorsqu'on abandonne à lui-même le lait écrémé, qu'on élève sa température ou qu'on y ajoute certains corps acides, il s'y forme un coagulum blanc, mou, opaque et floconneux, qui se sépare d'un liquide jaune-verdâtre et transparent : la partie solide forme la *matière caséeuse*, le *caséum*, le *fromage;* la partie liquide est le *sérum* ou *petit-lait*.

Enfin, en faisant évaporer le petit-lait, on obtient un corps cristallisé, d'une saveur douce et sucrée, auquel on a donné le nom de sucre de lait, et qui forme les 0,035 du lait.

Les seuls laits dont on fasse usage dans l'économie rurale en France sont ceux des femelles des ruminants en domesticité, telles que la brebis, la chèvre et la vache, et celui de l'ânesse.

Le *lait de brebis* ne diffère pas, à simple vue, de celui de vache; c'est de tous les laits le plus riche en beurre : celui qu'il fournit est jaune-pâle, de peu de consistance, et se rancit aisément. Le caillé est abondant, gras, visqueux et moins ferme que celui de vache.

Le *lait de chèvre* est plus dense que celui de vache, et moins gras que celui de brebis. Il conserve une odeur et une saveur propres à l'animal, surtout lorsque la chèvre entre en chaleur. C'est celui qui fournit le moins de beurre, mais le plus de fromage : le beurre, constamment blanc, est ferme, d'une saveur douce et agréable et se conserve longtemps frais; le fromage très abondant est assez consistant et comme gélatineux.

Le *lait de vache*, qui est le plus fréquemment employé, contient moins de beurre que celui de brebis et plus que celui de chèvre. Son fromage est aussi moins abondant; mais les principes se séparent avec plus de facilité.

Le *lait d'ânesse* a beaucoup d'analogie avec celui de femme; il donne une crème qui n'est jamais épaisse ni abondante. Il contient aussi moins de matière caséeuse que ceux de vache, de chèvre et de brebis, et cette matière est plus visqueuse.

Le meilleur lait de vache n'est ni trop clair ni trop épais; il est d'un blanc mat, d'une saveur douce et agréable. Au-dessus de 15° il s'aigrit en peu de temps; cette acidification s'opère dans l'espace de quelques heures au-dessus de 20 à 25°. Par cette prompte coagulation la matière caséeuse enveloppe et entraîne la crème, qui se précipite en même temps qu'elle et ne peut plus monter à la surface. La température la plus favorable à la séparation de la crème est celle de 10 à 12°.

Les variations que présente le lait de vache sont extrêmement nombreuses; elles portent surtout sur la couleur, la saveur, l'odeur, la consistance ou la densité, la quantité des principes constituants et leurs rapports entre eux; elles peuvent être dues à des causes extérieures ou à l'animal lui-même. Les phénomènes extérieurs qui peuvent changer la qualité du lait après son extraction sont : toutes les variations brusques de température, l'état électrique de l'atmosphère, l'humidité, les émanations insalubres, etc. Les variations dues à l'animal sont encore plus nombreuses : ainsi certaines races donnent un lait de qualité différente de celui des autres races. Cette différence s'observe aussi entre les animaux d'une même race, dans ceux d'une même famille et même jusque dans le même individu, dont le lait peut changer à chaque saison, chaque jour, à chaque traite et à chaque instant par une foule de causes souvent difficiles à apprécier. Les principales sont l'organisation et l'état physiologique de l'animal, son âge, les soins et l'alimentation dont il est l'objet : ainsi il paraît certain que cette altération si fréquente du lait, par suite de laquelle la crème se colore en bleu, est due à diverses variétés de plantes dont les vaches se nourrissent accidentellement.

Le lait, de même qu'un grand nombre de substances organiques, se conserve très bien et pendant longtemps, lorsqu'il est chauffé pendant un certain temps à 100°, dans un vase qui en est rempli le plus complétement possible, puis fermé hermétiquement; mais le beurre s'en sépare malgré tout par l'agitation qu'occasionne le transport; conservé par ce moyen, le lait n'offre pas la saveur qu'il présente à l'état naturel, à cause de l'élévation de température à laquelle il a été soumis; mais il est agréable et peut devenir d'une grande utilité dans une foule de circonstances.

Suivant M. Braconnot, un litre de lait chauffé à 45°, dans lequel on verse l'acide hydro-chlorique très faible, en quantité suffisante pour le coaguler, donnera un caillé qui, traité à une douce chaleur, par 2 grammes de carbonate de soude, fournit 1/2 litre d'une espèce de crème ou de frangipane qui peut être employée à la préparation de divers mets, et qui, dissoute et sucrée, donne une liqueur plus agréable que le lait.

Suivant le même chimiste, lorsqu'on chauffe pendant quelques instants à 100°, 1000 parties de fromage blanc, on obtient une masse élastique, qui lavée à plusieurs reprises à l'eau bouillante, puis bien divisée, chauffée avec de l'eau et 2 p. 1/2 de bi-carbonate de potasse, et évaporée en agitant continuellement, donne une masse molle qui se dessèche à l'air en passant à l'état de lames d'un blanc jaunâtre, demi-transparentes, d'une saveur agréable. Cette matière est extrêmement soluble dans l'eau et se conserve très bien à l'air; sucrée et aromatisée elle pourrait servir de nourriture. La dissolution chaude colle très solidement la porcelaine, le verre, le bois, la pierre, le papier; on peut s'en servir pour lustrer les étoffes.

On a proposé comme moyen de conserver le lait sans empêcher d'en extraire la crème et de préparer du bon beurre, d'y mêler par litre une cuillerée à bouche d'une eau préparée, en distillant 6 litres d'eau avec 6ᵏ de radis sauvage et retirant 9 litres du produit. Le lait se conserve huit jours sans altération et les insectes ne peuvent en approcher.

Enfin, on trouve dans le commerce sous le nom de *lactoline* ou *lactéine*, du lait réduit en pâte seche, par l'évaporation au moyen de l'air froid qu'on y fait passer. Il suffit de délayer cette matière dans l'eau pour reproduire le lait.

A Paris, où la fraude s'exerce sur le lait d'une manière extrêmement étendue, on ne vend ce liquide qu'après l'avoir écumé, et on y ajoute souvent une émulsion d'amandes ou de graines de chénevis; souvent aussi on y mêle de la farine pour lui donner de la consistance, et on le colore au moyen du jus de carottes, on d'une petite quantité de curcuma ou de safran.

LACTOMÈTRE. Le lactomètre, ou instrument propre à mesurer la quantité de crème fournie par le lait, est d'un emploi bien précieux dans une ferme. C'est ainsi qu'il permettra d'apprécier la richesse en crème et en beurre de tout le lait qu'on recueille, ainsi que celle du produit de chaque animal en particulier, suivant la saison, l'état de santé, la bonne ou mauvaise condition, le régime alimentaire, etc.; de mêler des laits de richesses diverses pour en obtenir des produits particuliers; de mesurer la quantité de crème fournie par un lait qu'on achète, et de ne le payer exactement

Digitized by Google

qu'à un prix proportionnel à cette quantité; de constater si l'on recueille, dans ses manipulations en grand, toute la matière butyreuse indiquée par les essais en petit; d'apprécier, dans les laiteries banales, la richesse du lait apporté par chaque associé, afin de répartir les bénéfices proportionnellement à la quantité de matière utile et marchande qu'il apportera, etc.

Le lactomètre, inventé en Angleterre par Banks, et importé en France par M. de Valcourt, ou celui de M. Schubler, est un tube de verre de 16 centimètres de hauteur, 40 millimètres de diamètre intérieur, ouvert par le haut, fermé par le bas, et porté sur un pied circulaire. Ce tube peut contenir un peu au-delà de 2 décilitres. A partir de sa base, on a désigné, par un cercle gravé au diamant, chaque demi-décilitre, c'est-à-dire la hauteur à laquelle atteindraient 1/2, 1 1/2 et 2 demi-décilitres de liquide, si on les versait dans le tube. La hauteur du tube, depuis le fond jusqu'auprès du quatrième cercle qui marque 2 décilitres, a été partagée en 100 parties égales, et, à partir de ce dernier cercle où se trouve marqué le 0° ou zéro de l'échelle, c'est-à-dire le point où elle commence, on a gravé sur le verre, en descendant, 30 de ces degrés ou parties égales. Voici maintenant l'usage qu'on peut faire de cet instrument. On verse dans le tube, et avec précaution, du lait jusqu'au cercle supérieur ou bien au point marqué 0°, et on l'abandonne à lui-même pendant 24 heures plus ou moins. La crème monte peu à peu; et lorsque son épaisseur est stationnaire, on lit sur l'échelle le nombre de degrés ou centièmes qu'occupe cette partie butyreuse, et cette proportion indique la richesse en crème du lait, ou sa valeur vénale. Par exemple, si, après avoir mis du lait en expérience, on trouve, après 24 heures, que la crème montée occupe 14 parties ou degrés de l'échelle graduée, on en conclura que ce lait fournit 14 pour 100 de crème, ce qui permet d'apprécier sa valeur. Des expériences comparatives ont, en effet, prouvé que dans un même lait pur, puis mélangé avec un quart, moitié et trois quarts d'eau, l'épaisseur de la couche de crème diminue proportionnellement à la quantité de lait enlevé et remplacé par de l'eau, ou que le nombre de centièmes occupé par cette crème indiquait très approximativement la richesse du lait. On peut faire monter la crème plus promptement, en plongeant le lactomètre dans un bain-marie maintenu à une température de 30 à 36 degrés; mais il vaut mieux attendre sa séparation spontanée à la température ordinaire. Il importe de remarquer, quand on en fait usage pour le lait, que la quantité de crème n'est pas la mesure de celle du beurre, les quantités égales de crème donnant souvent un poids fort différent en beurre.

Les aréomètres, les galactomètres, et autres instruments qu'on emploie souvent pour mesurer la qualité du lait au moyen de la densité ou pesanteur spécifique de ce liquide, sont, sous ce rapport, des instruments infidèles, la densité du lait n'étant nullement la mesure de sa richesse en crème, et pouvant d'ailleurs être modifiée par une foule de moyens qui altèrent la qualité du lait, et sont destinés à en imposer à l'acheteur ignorant ou indifférent.

LAITIER. On donne ce nom aux scories terreuses que l'on obtient dans le travail des minerais métalliques, et particulièrement des minerais de fer, au haut-fourneau. On les emploie dans beaucoup de localités pour faire des briques, etc., en les moulant au sortir du fourneau. Déjà, en 1838, M. Gaultier de Claubry proposait de diminuer la fragilité de ces matières vitreuses en les soumettant à un refroidissement très lent, et conseillait d'appliquer la chaleur perdue des hauts-fourneaux à exécuter ce recuit. Tout récemment, il a été pris un brevet d'invention à ce sujet; les auteurs ignoraient probablement les faits que nous venons de rappeler; ils avaient principalement pour but de mouler les laitiers, sous forme de pavés, qui pussent offrir une résistance de beaucoup supérieure à celle des pavés de grès ordinairement employés, et une forme bien plus régulière.

LAITON, CUIVRE JAUNE (*angl.* brass, *all.* messing). Le cuivre allié avec des quantités convenables de zinc forme le laiton; cet alliage renferme presque toujours de petites quantités de plomb, de fer et d'étain, qui lui communiquent des propriétés particulières. Le laiton est d'un jaune d'or plus ou moins vif, ductile et malléable à froid, cassant à chaud, aisément fusible et se moulant avec facilité. Sa densité varie de 8,20 à 8,90, suivant sa composition. Sa dureté, sa ténacité, et sa densité diminuent par la trempe; il est moins altérable à l'air que le cuivre rouge.

Le laiton destiné au tour doit être un peu sec afin de ne pas graisser les outils : il se compose de 64 à 65 de cuivre, de 36 à 38 de zinc, 2,45 à 2,5 de plomb et 0,25 à 0,40 d'étain.

Le laiton pour la tréfilerie doit surtout être très tenace, et se compose de 64 à 65 de cuivre, 33 à 34 de zinc, 0,8 d'étain et de plomb.

Le laiton qui doit être travaillé au marteau doit renfermer environ 70 de cuivre et 30 de zinc.

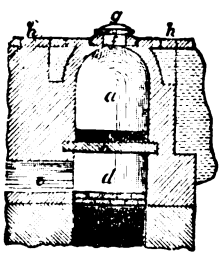
Dans les fonderies de la marine, la composition de laiton est comme suit : première qualité, cuivre 76, zinc 24; deuxième qualité, cuivre 85, zinc 14, plomb 1.

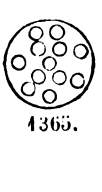
Les alliages dits similor, pinschbech ou métal du prince Robert, etc., varient beaucoup de composition, mais les principaux qu'on emploie sont : 1° cuivre 80, zinc 20, composé tendre, à cassure luisante et d'un beau jaune; 2° cuivre 84, zinc 16, alliage d'un jaune plus beau que le précédent; 3° cuivre 86, zinc 14, composé d'un jaune brillant; 4° cuivre 88, zinc 12, mélange d'un grain plus fin que les précédents et d'une couleur d'or. En introduisant dans tous ces alliages un peu de plomb, on arrive à leur donner, lorsqu'ils sont polis, un certain reflet qui les fait ressembler à l'or vert.

Le tombac ou cuivre blanc se compose de cuivre 97, zinc 2, arsenic 1; il est d'autant plus cassant qu'il renferme plus d'arsenic; il se lime et se polit bien; on s'en sert pour fabriquer des instruments de physique, des boutons, etc. D'abord blanc, lorsqu'il vient d'être poli, il se ternit promptement à l'air et prend une couleur grise. On fait encore du cuivre blanc qui peut servir pour les miroirs de télescopes, en ajoutant au cuivre et à l'arsenic une faible proportion de platine.

Enfin, on donne le nom de chrysocale à un alliage, ordinairement formé de 92 de cuivre, 6 de zinc et 6 d'étain, qui se lamine en feuilles très minces à l'usage des fabricants de bijoux faux, et prend bien la dorure.

1364.





1365.

Le laiton se fabrique soit en alliant directement le zinc et le cuivre, soit en fondant le cuivre avec de la calamine (carbonate de zinc ordinairement mélangé de silicate de zinc) grillée, des cadmies zincifères ou kiess, ou de la blende (sulfure de zinc) grillée.

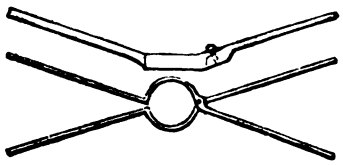
La fonte du laiton se fait dans des creusets à vent placés près des fourneaux à vent.

Les fig. 1364 et 1365 donnent le plan et la coupe des anciens fours à laiton, au charbon de bois d'Hegermühle, en Prusse, contenant 8 pots : *a*, foyer; *b*, grille

Digitized by Google

en fonte, recouverte d'une couche d'argile battue, percée de trous correspondants à ceux de la grille; *d*, cendrier; *e*, porte du cendrier; *h*, *h*, niveau du sol de l'atelier; *g*, châssis de fer garni d'argile servant à fermer

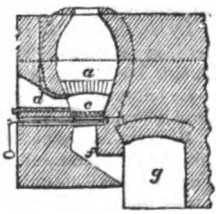
4366.



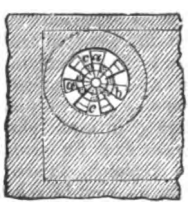
4367.

la partie supérieure du fourneau. Les fig. 4366 et 4367 représentent les pinces employées pour introduire et retirer les creusets.

4368.



Les fig. 4368 et 4369 représentent en plan et coupe les fourneaux à laiton construits plus récemment à Hegermühle; ces fourneaux sont chauffés à la houille et renferment quatre creusets. *a*, voûte à jour en briques sur laquelle on place les creusets; *c*, grille sur laquelle on charge le combustible par la porte *d*; *e*, registre servant à régler l'arrivée de l'air à travers la grille; *f*, canal qui conduit la cendre et les escarbilles dans le cendrier *g*.



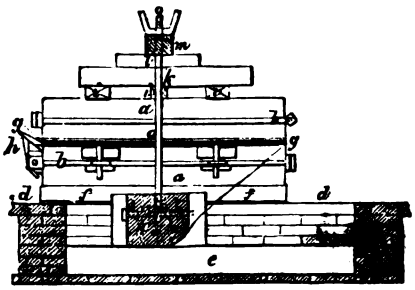
4369.

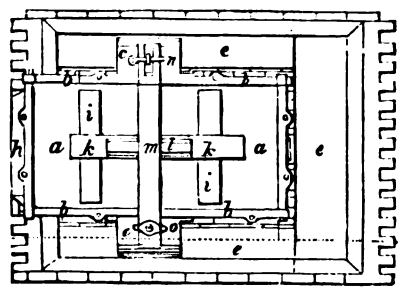
Les pots ou creusets, légèrement coniques, ont une hauteur à peu près double de leur diamètre à la partie supérieure et contiennent la quantité de matière nécessaire.

Enfin, dans quelques usines françaises on fabrique le laiton dans des fours à réverbère, ce qui procure une économie en combustible, mais donne lieu en revanche à un déchet plus considérable sur les matières premières.

Lorsque le laiton est fondu, on le coule dans des moules en granite. Ces moules, représentés en coupe et en plan fig. 4370 et 4371, consistent en deux plaques de *a*, *a*, de 1m,70 de long sur 0m,95 de large et 0m,30 d'épaisseur, enveloppées de cadres en fer *b b*, et maintenues à une distance convenable l'une de l'autre par l'interposition des barres de fer latérales *g*, dont l'épaisseur est celle de la plaque à couler. La plaque de granite inférieure est encastrée dans un fort plancher *ff*, solidement fixée au madrier *c*, qui est arrondi à l'un de ses angles de manière à pouvoir tourner sur les poutres *e*, placées au fond de la fosse *d d*. Avant de couler, on recouvre les deux faces du moule d'une couche d'argile grasse très mince, que l'on unit bien et que l'on fait sécher d'abord à l'air et ensuite avec des charbons rouges, puis on les barbouille avec une bouillie de bouse de vache : ce dernier enduit se carbonise à chaque coulée, et par suite doit être répété chaque fois, tandis que la couche d'argile peut servir à 15 et même 20 coulées sans avoir besoin d'être renouvelée. Cela fait, on place les règles *g*, on abaisse la plaque de granite supérieure par un mouvement de bascule à charnière facilité par un contre-poids, on les réunit solidement au moyen des longs boulons *o*, *o*, et des pièces *m*, *i*, *k*, *l*, on fait tourner le moule avec le madrier *c* sur les poutres *e*, de manière à lui donner une inclinaison d'environ 30° sur l'horizon, et l'on coule le laiton par l'orifice *h*, à ce destiné. Aussitôt après la coulée on ramène le moule dans la position horizontale, on ouvre le moule, on retire la feuille de laiton, on enduit de nouveau de bouse de vache les

4370.





4371.

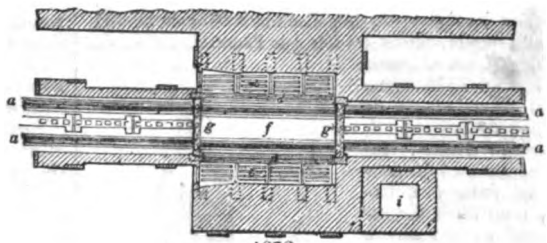
plaques de granite, et on les assujettit de nouveau pour une nouvelle coulée.

Lorsque l'on prépare le laiton au moyen de la calamine, il n'est pas possible d'y faire entrer plus de 27 à 28 p. 100 de zinc : si la proportion de ce métal doit être plus grande, on en ajoute une certaine quantité à la fonte; généralement même on fait l'opération en deux fois, en fabricant d'abord un alliage à 20 p. 100 de zinc, connu sous le nom d'*arcot*, et le traitant de nouveau comme du cuivre neuf. On fond ensemble, par exemple, dans chaque pot, à l'usine de Jemmapes, 30k de cuivre rosette de Drontheim, 20k de calamine grillée, 10k de kiess, et 16k de charbon de bois pour réduire la calamine, et on obtient 37k 1/2 d'arcot; on emploie ensuite les mélanges suivants, selon que l'on veut obtenir un laiton sec ou un laiton gras : pour le laiton sec que l'on coule en planches, dites *plates*, ou en bandes de 0m,015 d'épaisseur, dites *bandes de fil*, on emploie : cuivre rosette 12k, mitraille jaune (vieux laiton) 9k, arcot 20k 1/2, calamine grillée et kiess 30k, charbon de bois 16k, et quand la matière bien fondue est réunie dans un seul pot, on y ajoute 3k de zinc en fragments : on obtient 54k de laiton renfermant 65 1/2 p. 100 de cuivre et 34 1/2 p. 100 de zinc. Pour le laiton gras, qui sert surtout à faire les épingles, on emploie : cuivre rosette 15k, mitraille jaune 5k, arcot 20k, calamine grillée et kiess 30k, charbon de bois 16k, et on ajoute à la fin 4k de zinc. Du reste, ces proportions varient suivant la nature des matières premières et la composition du zinc que l'on veut obtenir.

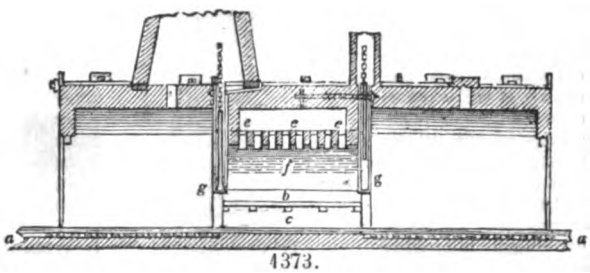
La fonte de l'arcot et celle du laiton s'exécutent de la même manière : le fourneau étant chauffé au rouge, on retire successivement les creusets pour y introduire la charge voulue, en ayant soin de placer le cuivre et l'arcot à la partie supérieure. Les creusets chargés et remis dans le fourneau on remplit celui-ci de houille, puis on ferme l'ouverture supérieure de celui-ci avec la plaque à ce destinée. On ménage la chaleur pendant 6 à 7 heures; au bout de ce temps, les creusets sont au rouge-blanc; on ranime alors le feu en chargeant de

Digitized by Google

nouvelle houille. Peu de temps après avoir donné ce coup de feu, la fumée de zinc commence à paraître et indique que la réduction de la calamine s'opère ; on ralentit alors un peu le feu, afin que le cuivre ne fonde pas trop rapidement et qu'il ait le temps, en tombant goutte à goutte, de se combiner avec le zinc qui se réduit. Au bout de 10 heures environ, la fonte est terminée, il ne se dégage plus de vapeurs des creusets et l'alliage s'est réuni au fond ; on retire alors chaque creuset du fourneau ; on enlève avec une espèce de cuillère en fer les escarbilles qui recouvrent le bain métallique, et l'on réunit dans un seul creuset l'alliage, qui se trouve dans chacun des huit ou quatre creusets. On laisse ensuite reposer pendant quelque temps, pour que les impuretés se portent à la surface de l'alliage ; on les enlève alors avec une cuillère en fer fixée à un long manche en bois, et on coule le laiton dans le moule que nous avons décrit : on consomme environ 3 parties de houille pour 1 de laiton obtenu.



1372.



1373.

Quand on fabrique le laiton au moyen du cuivre et du zinc métallique, comme cela a lieu en France et en Angleterre, on met au fond des creusets le zinc en morceaux, et on le recouvre de cuivre en morceaux ou mieux grenaillé : tantôt on fabrique alors le laiton en une seule opération, tantôt en deux ; on opère du reste tout à fait comme dans le cas précédent. La fonte dure un peu moins longtemps et la perte en zinc est peu considérable.

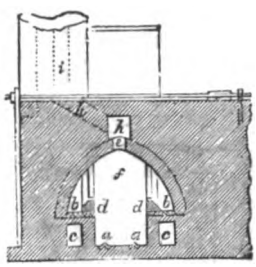
Les plaques de laiton sont ordinairement découpées en bandes à la cisaille, puis laminées ; ce laminage s'exécute à froid ; après deux ou trois passes, le laiton doit être recuit avant d'être laminé de nouveau par trousses de 2, 4 et de 8, comme la tôle et le cuivre.

Les fourneaux dans lesquels s'exécute le recuit sont de deux formes suivant la dimension des feuilles de laiton. Les petits qui peuvent avoir 4m de long, ont à chaque extrémité une chauffe de 0m,33 environ de large, et la voûte a la forme d'un cylindre dont l'axe est parallèle au petit côté. La sole, formée de briques posées de champ, est horizontale. Sur le devant du fourneau existe une large porte que l'on soulève à l'aide d'un levier ou d'un contre-poids, et qui glisse entre deux coulisses en fonte. Le plus ordinairement ce fourneau n'a pas de cheminée, si ce n'est une hotte placée au-dessus de la porte, pour que la fumée ne se répande pas dans l'atelier. Quelquefois la voûte est percée de trous, comme dans les fours de verrerie.

Les feuilles de laiton sont placées les unes sur les autres ; mais pour que la chaleur circule entre elles, on les sépare par des rognures, et la première repose sur deux barres de fer placées longitudinalement sur la sole du fourneau.

Les grands fourneaux représentés en plan fig. 1372, en coupe longitudinale fig. 1373, et en coupe transversale fig. 1374, ont jusqu'à 8m,33 de longueur sur 1m,66 de largeur. La sole *f* a 1m de largeur ; sur chacun de ses côtés et dans toute sa longueur règne une grille *b b*, de 0m,33 de large, qui n'en est séparée que par un petit mur de 0m,055 à 0m,083 ; la voûte du fourneau est percée de 6 à 8 ouvertures *e*, *e*, qui conduisent la fumée dans le rampant *h*, d'où elle se rend dans la cheminée *i*. A chaque extrémité du fourneau, il y a une porte en fonte qui glisse dans des coulisses en fonte, et qu'on peut soulever à l'aide de leviers ou de contre-poids. Sur la sole du fourneau existe un chemin de fer *a a*, sur lequel on fait glisser le chariot qui porte les feuilles de laiton à recuire comme nous allons l'indiquer.

Les feuilles de laiton, dont la longueur est souvent



1374.

de 8m, ne pourraient pas être retirées ni mises aisément une à une dans le fourneau ; comme le laminage se fait à froid, on les y place toutes à la fois et on les retire de même. A cet effet, on les place d'abord, en les séparant de distance en distance par des rognures, sur un chariot en fonte à 4 roues, dont la longueur est à peu près égale à celle du fourneau. On élève ensuite ce chariot avec une grue jusqu'à la hauteur du fourneau, et on le fait glisser sur les bandes de fer qui existent sur la sole. Pour ne pas perdre de chaleur, on a deux chariots, de telle sorte que lorsqu'on en retire un, on en place un autre, le fourneau reste ainsi toujours chaud. Ce moyen, très commode pour placer et retirer les feuilles, exige une grande consommation en combustible, parce qu'on est obligé de chauffer inutilement le chariot, dont le poids est souvent plus considérable que celui du laiton à recuire. P. D.

LAMINOIR. Voyez FER.

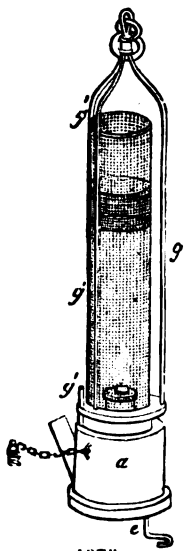
LAMPE. Voyez ÉCLAIRAGE.

LAMPE DE SURETÉ. La découverte des lampes de sûreté est due au célèbre Davy, qui remarqua que la flamme produite par la combustion du gaz de l'éclairage, obtenu par la distillation de la houille, mêlé à quelque proportion d'air que ce soit, est interceptée par une toile métallique en fil de fer de 100 à 140 mailles au centimètre carré, et que le gaz qui se dégage dans les mines de houille est toujours moins inflammable que celui qui sert à l'éclairage. Ainsi, quand on a vissé sur le réservoir d'une lampe ordinaire un cylindre formé d'une semblable toile métallique, le mélange d'air et de gaz inflammable peut brûler à l'intérieur sans que l'inflammation se propage au dehors. Davy constata, toutefois, qu'un courant d'air un peu vif pourrait faire passer la flamme à travers du treillis métallique, et transmettre alors l'inflammation au dehors ; aussi conseilla-t-il de la mettre à l'abri des courants au moyen d'écrans, ce qui ne se fait presque jamais et a quelquefois donné lieu à de graves accidents. A cela près, cette lampe est réellement une lampe de sûreté très efficace, et est universellement employée dans les mines à grisou. En

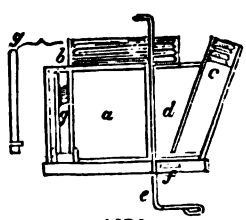
Digitized by Google

France, les règlements de police souterraine en prescrivent l'emploi, toutes les fois que l'administration des mines le juge nécessaire.

La fig. 1375 donne une élévation de la lampe de Davy : *a d*, réservoir d'huile, traversé par un tube dans lequel passe à frottement un fil de fer recourbé *e*, qui sert à moucher la mèche ; *b*, pas de vis sur lequel on visse le cylindre en toile métallique ; *c* (fig. 1376), ouverture fermée par une vis, et servant à verser de l'huile dans le réservoir, avec lequel elle communique par un tube qui plonge jusqu'en *f* près du fond de ce réservoir. Le cylindre en gaze métallique est entouré et protégé par quatre ou six gros fils de fer, qui se réunissent au-dessus de la lampe pour former l'anneau qui sert à la suspendre. Le cylindre est fermé à la partie supérieure, soit par une feuille de cuivre emboutie et percée de petits trous de 1 millim. de diamètre environ, autour de laquelle le cylindre en gaze est attaché au moyen d'un fil de fer, logé dans une gorge rentrante ménagée à cet effet, soit, le plus souvent, par un double cylindre en toile métallique semblable à celle de la paroi cylindrique, comme l'indique la fig. 1375.



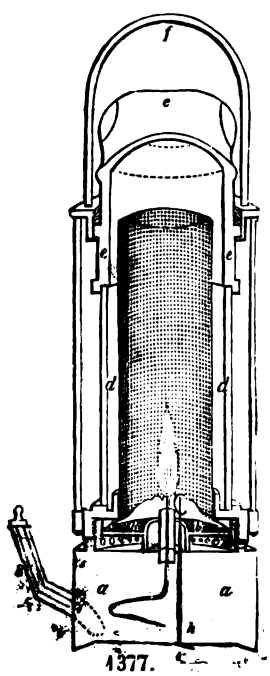
1375.



1376.

Ces lampes ont de 0m,20 à 0m,25 de hauteur ; on donne environ 0m,06 de diamètre au cylindre métallique, ayant 120 à 140 mailles au centimètre carré.

Ces lampes éclairent assez peu, et, dans les couches de houille puissantes, le mineur court risque d'être victime d'éboulements subits, qu'il aurait prévus s'il eût pu apercevoir les fissures de la roche. D'un autre côté, si par suite du mouvement de la lampe, lorsqu'elle est renversée par exemple ou par toute autre cause, il vient à se répandre de l'huile sur le treillis métallique, le poussier du charbon s'y attache, et la lumière déjà faible que répand la lampe se trouve encore considérablement diminuée. En outre, comme nous l'avons fait remarquer, un courant d'air un peu vif peut faire passer la flamme à travers l'enveloppe.



1377.

Pour remédier à ces inconvénients, Roberts imagina d'entourer le cylindre en gaze métallique, sur la moitié ou les deux tiers de sa hauteur, d'un cylindre en cristal *dd* (fig. 1377), et de faire arriver l'air nécessaire à la combustion par une rangée circulaire de trous percés tout autour de la partie supérieure du réservoir, à la hauteur du porte-mèche. L'air traverse deux rondelles annulaires superposées et en gaze métallique très serrée *bb*, puis est conduit de manière à raser la mèche, au moyen d'un tronc de cône métallique qui environne celle-ci et est coupé à la hauteur du porte-mèche. Cette lampe est plus sûre que la précédente, et la vitesse du courant ou l'agitation de la lampe au milieu d'un mélange explosif, ne déterminera jamais le passage de la flamme au dehors ; néanmoins elle est peu usitée dans les mines, parce qu'elle donne encore moins de lumière que la lampe de Davy.

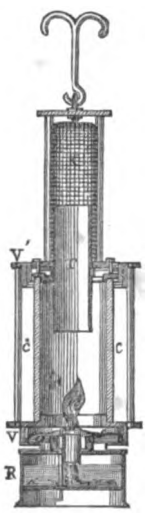
Dans la lampe de M. du Mesnil, essentiellement différente des précédentes, le réservoir d'huile est latéral ; la mèche est plate, et l'air nécessaire à la combustion est amené sur les deux faces par deux conduits inclinés coiffés d'une gaze métallique ; le cylindre en toile métallique est supprimé et remplacé par un cylindre très épais en cristal recuit, qui est serré entre deux plates-formes et partagé par des tiges en fil de fer, assez écartées pour ne pas intercepter une portion notable de la lumière. Au-dessus de la plate-forme supérieure s'élève une cheminée d'un diamètre moindre que celui du cylindre en cristal, et dont la hauteur est assez grande. Elle est à double paroi : la paroi interne descend un peu dans le corps de la lampe, où elle s'évase en forme d'entonnoir renversé. La cheminée se termine par un orifice rétréci, qui n'est garni d'aucune toile métallique. Cette lampe offre le même degré de sûreté que celle de Roberts, tant qu'elle est intacte, et éclaire à peu près trois fois autant qu'une lampe de Davy consommant la même quantité d'huile ; mais à côté de ces avantages, elle a l'inconvénient d'être d'un transport difficile et souvent impossible dans les galeries basses, à cause de sa grande hauteur, qui, y compris la cheminée, est de 0m,40 à 0m,45, et de s'éteindre très facilement par le transport, par suite de la position latérale du réservoir.

M. Muesler essaya de remédier à ces inconvénients en adoptant une disposition particulière, qui lui permit de réduire la hauteur de la lampe à 0m,25 environ. Cette lampe, qui est actuellement assez répandue dans les mines de Belgique, et qui éclaire comme deux lampes Davy, a son réservoir d'huile disposé de la même manière, ainsi que le porte-mèche et la tige servant de mouchette. L'enveloppe est formée, à sa partie inférieure et sur les 2/5es environ de sa hauteur totale, d'un tube en cristal recuit, garanti des chocs intérieurs par six tiges verticales, ajustées inférieurement sur une virole qui se visse sur le contour du réservoir, et supportant à leur partie supérieure un cercle en cuivre. Au-dessus de ce tube est un cylindre en gaze métallique, fermé en haut par un chapeau en cuivre rouge percé de trous. A la jonction de ces deux cylindres est un disque en toile métallique, traversé en son milieu par un tube cylindrique ou légèrement conique, en tôle mince ou en fer-blanc, qui sert de cheminée, et descend à peu près jusqu'au milieu de la hauteur du cylindre en métal, en s'évasant à son orifice inférieur ; il se prolonge au-dessus du disque jusqu'à la moitié environ de la hauteur de l'enveloppe en gaze métallique. L'air qui alimente la combustion arrive ainsi par la partie supérieure, descend le long des parois du cylindre en cristal, et les

Digitized by Google

produits de la combustion s'échappent en majeure partie par le tube central qui sert de cheminée. Cette lampe est au moins aussi sûre que les précédentes; mais elle s'éteint aisément par l'agitation, quoique moins facilement que la lampe du Mesnil, et elle a en outre le désavantage de ne projeter la lumière que dans une zône d'une très petite hauteur, par suite de la nécessité où l'on se trouve de tenir l'orifice inférieure de la cheminée en tôle très rapproché de la mèche, afin d'isoler le courant ascendant des gaz brûlés du courant d'air, qui descend le long des parois du cylindre en cristal pour venir alimenter la combustion. Cet inconvénient est surtout très grave dans les galeries d'une grande hauteur et peut donner lieu à de graves dangers.

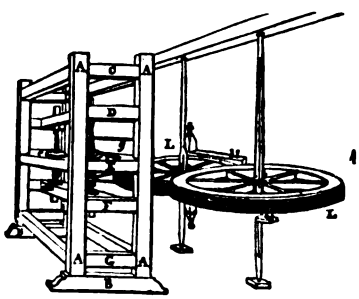
Enfin, M. Combes a cherché l'année dernière à réunir les avantages des lampes précédentes dans une nouvelle lampe, représentée en coupe (fig. 1378). Le réservoir d'huile est disposé comme dans la lampe de Davy; il est surmonté d'un rebord cylindrique percé, dans la partie contiguë au couvercle du réservoir, de quatre ouvertures rectangulaires qui l'embrassent sur presque tout son pourtour, et offrent une surface de 8 à 8 centimètres 1/2 carrés, et par lesquelles arrive l'air nécessaire à la combustion. Cet air traverse une ou deux rondelles superposées, en toile métallique, de 150 à 200 ouvertures au centimètre carré, posées par leur contour sur une saillie ménagée dans le rebord au-dessus de la rangée de trous. Ces rondelles sont maintenues, ainsi que le porte-mèche, par une virole vissée dans une petite tubulure filetée qui entoure le trou du porte-mèche. Un disque *o s*, embouti en forme de pavillon de cor, percé d'une ouverture circulaire concentrique à la mèche, est posé par-dessus les rondelles, et amène au centre de la lampe et au contact de la flamme la totalité de l'air qui a traversé les toiles métalliques. Ce disque est maintenu en place par la cage qui contient l'enveloppe supérieure de la lampe; celle-ci est formée de six fils de fer verticaux assemblés dans deux viroles en cuivre V, V'. La virole inférieure V se visse dans la partie supérieure du rebord du réservoir. L'enveloppe, qui est un cylindre en cristal *c c*, s'appuie sur une rondelle de drap ou de cuir collée sur le contour de la virole inférieure. Elle est maintenue en place par la partie supérieure de la lampe, qui se compose d'une cheminée cylindrique en toile métallique K, protégée par quatre tiges en fil de fer, d'une virole en cuivre portant une rondelle en toile métallique, et filetée extérieurement pour qu'elle puisse se visser dans l'intérieur de la virole V', et venir presser les bords supérieurs du cylindre en cristal, qui est ainsi maintenu en place. Une couronne de drap est collée au fond d'une gorge annulaire, dans laquelle pénètrent les rebords de ce cylindre. Enfin, la rondelle en toile métallique supporte à son centre un petit tuyau T en cuivre, qui s'enfonce dans l'intérieur du cylindre en cristal, sert de cheminée, et active le tirage et l'aspiration de l'air par les ouvertures percées au-dessus du réservoir. Les gaz brûlés passent par ce tube, arrivent dans l'enveloppe en toile métallique K, et se répandent finalement dans l'atmosphère. La rondelle en toile métallique, au centre de laquelle est fixé le tuyau T, permet aux gaz produits par la combustion de s'échapper entre le pourtour du tuyau T et le cylindre en cristal, de sorte qu'ils ne peuvent pas s'accumuler dans cet espace; ce qui fait que l'on peut agiter fortement cette lampe dans l'air sans l'éteindre. Cette lampe est aussi sûre que les précédentes; sa hauteur, qui n'est que de $0^{m},27$, en rend le transport facile, et elle donne une clarté supérieure aux lampes de Davy et Mueseler. La seule précaution à prendre est d'avoir soin d'enlever la rondelle en gaze métallique placée sous le pavillon *o s* pour remplir le réservoir d'huile; car une seule goutte d'huile répandue sur cette toile suffit pour boucher un grand nombre de mailles : alors la lampe fume, et le verre est bientôt noirci. P. D.



1378.

LAPIDAIRE (ART DU) (*angl.* art of lapidary, *all.* steinschleiferei). La taille de toutes les pierres fines n'est pas très différente de celle du diamant; seulement, pour ces pierres, on n'a pas besoin de les cliver pour les amener à la forme voulue, parce qu'étant moins dures que le diamant, elles se laissent tres bien tailler sur une meule avec de l'*égrisée* (poussière de diamant), et même la plupart avec de l'émeri.

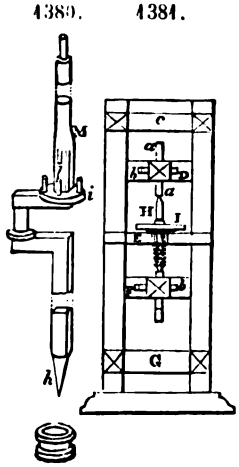
Le tour du lapidaire se compose d'un disque métallique placé horizontalement et tournant avec une grande vitesse; ce disque est de fer ou d'acier non trempé pour les diamants, pour les autres pierres de cuivre ou de plomb qu'on recouvre près du bord d'un mélange d'huile et d'égrisée ou d'émeri, et sur lequel on presse la pierre à tailler suivant l'inclinaison convenable. La fig. 1379 re-

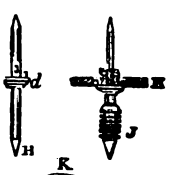


1379.

présente une vue perspective de ce tour; le bâti qui le supporte a environ 3^{m} de long sur 2^{m} de hauteur, les montants A, A, montés sur les pieds B, B, sont reliés de chaque côté par les cinq traverses C, D, E, F, G;

1380. 1381. 1382. 1383.





1381.

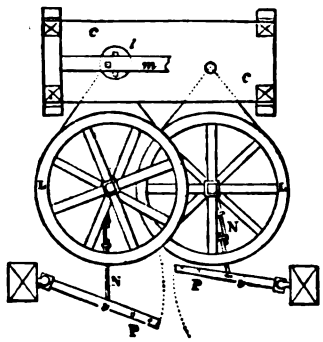


les deux paires de traverses D D, F F, sont reliées par de fortes pièces *m*, *m*, qui portent les crapaudines dans lesquelles tournent les extrémités de l'axe du disque ou meule métallique (fig. 1380, 1381, 1382 et 1383); l'axe H,

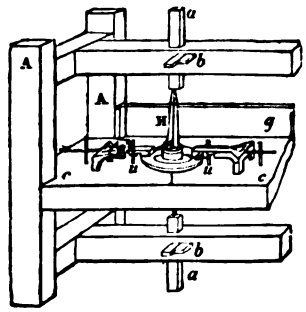
Digitized by Google

qui porte la meule I, fixé sur le collet *d*, est terminé par deux pointes, qui tournent entre deux poupées *a*, *a*, que l'on fixe au moyen de coins *b*, *b* ; sur la partie inférieure de l'axe H, est monté un mandrin à plusieurs gorges J, sur l'une desquelles passe la courroie sans fin qui embrasse la roue de volée L (fig. 1379) ; cette dernière est montée sur un arbre coudé M (fig. 1385 et 1386) ; lié en *s v*,

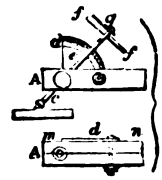
1385.



1388.



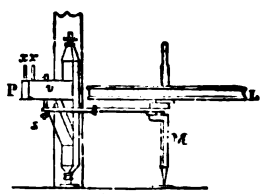
1389.



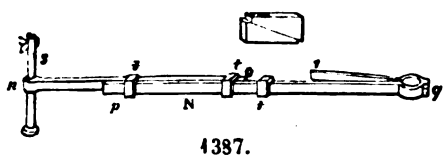
1390.

1391.

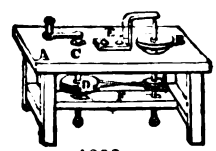




1386.



1387.



1392.

par la bielle N, et figurée plus en détail fig. 1380, au bras d'une potence P, à laquelle on imprime un mouvement circulaire alternatif.

Il y a toujours, comme l'indiquent les figures précédentes, deux meules montées sur le même bâti ; la pierre à tailler (fig. 1388), est fixée avec un peu de soudure d'étain ou de mastic à l'extrémité d'un cylindre dit *bâton à ciment*, retenu dans les mâchoires d'un instrument appelé cadran. L'ouvrier, en s'appuyant sur un support *u*, placé près de la meule, présente la pierre à l'action de cette dernière en inclinant le cadran suivant la pente qu'il veut donner aux facettes, et en le chargeant quelquefois de poids pour faire mordre davantage la meule.

Cette opération présente quelques difficultés si l'on veut arriver à une régularité rigoureuse qui est essentielle pour multiplier les réflexions et les réfractions de la lumière par la correspondance des facettes ; on se sert généralement, à Paris et à Genève, pour y arriver plus sûrement, d'un cadran perfectionné représenté fig. 1389 et 1390 ; le bâton à ciment *c*, au lieu d'être directement saisi par les mâchoires, passe à frottement dans un cylindre creux *e*, terminé par un cercle divisé *f f*, et porte une aiguille *g*, qui, par sa correspondance avec les degrés de ce cercle, permet de diviser exactement la circonférence de la pierre en faisant tourner le bâton à ciment dans son tube. Une vis de pression sert à le fixer dans chaque position où l'on veut former une facette. Quant à l'inclinaison de la pierre, on la règle au moyen d'un quart de cercle *d* placé sur le côté des mâchoires A.

La fig. 1391 qui représente un bâton à ciment, et la fig. 1392 qui représente un tour à polir les pièces d'horlogerie en acier, n'ont pas besoin d'une plus ample description.

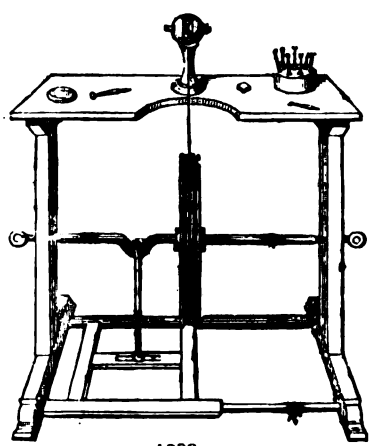
Aujourd'hui les diamants ne se taillent que de deux manières : en *rose* ou en *brillant*.

Les *roses* sont plates par dessous et sont toujours sertis dans une monture pleine ; elles sont divisées en deux parties ; l'une, nommée *couronne*, est ordinairement une pyramide à six faces ; l'autre, dite *dentelle*, se compose de dix-huit facettes triangulaires qui remplissent tout l'intervalle entre la couronne et la *base* de la pierre.

Les *brillants*, au contraire, se montent à jour ; on les divise en trois parties égales ; la *table* placée au-dessus est à huit ou douze pans ; la partie inférieure ou *culasse* est taillée à facettes, qui doivent correspondre à celles de la partie supérieure, afin d'augmenter le jeu de la lumière.

L'opale se taille en cabochon.

Les autres pierres précieuses se taillent comme les brillants.



1393.



1394.

Les fig. 1393 et 1394 représentent le touret et les outils qui servent à opérer la gravure sur pierres fines par un travail analogue à celui du lapidaire, que nous avons décrit à l'article GRAVURE.

Voyez pour le complément de cet article les mots BIJOUTIER-JOAILLIER, DIAMANT, ÉMERAUDE, PIERRES-GEMMES, etc.

LAPIS LAZULI ou LAZULITE. Voyez OUTREMER.

Digitized by Google

LAQUE (*résine* ou *gomme*). Sorte de résine ou de gomme qui exsude de plusieurs arbres de l'Inde, par suite des piqûres faites par les femelles d'un insecte hémiptère, les *coccus lacca*. La couleur rouge de la résine vient de ces insectes.

Le principal de ces arbres est le *croton laciferum*. L'insecte s'y multiplie, se fixe à l'extrémité des jeunes branches, les pique et s'ensevelit dans le suc qui en sort. C'est en coupant les tiges et les branches enduites de résine et de couvée, qu'on récolte la laque. Il est préférable de récolter la laque plutôt avant qu'après la sortie de l'insecte.

On connaît dans le commerce trois espèces de laques : la laque en bâton, la laque en grains et la laque en écailles.

La *laque en bâton* est celle qui adhère aux extrémités des branches de l'arbre. Elle y forme une couche d'un brun foncé d'une épaisseur variable, et renferme de 8 à 10 p. 100 d'une matière colorante rouge analogue à celle de la cochenille. Elle est transparente sur les bords et présente une cassure brillante. Elle offre à l'intérieur un grand nombre de cellules disposées circulairement autour du bois, et dont plusieurs contiennent encore l'insecte entier. Cette laque possède une saveur astringente, et colore la salive lorsqu'on la mâche pendant longtemps. Projetée sur des charbons, elle brûle en répandant une odeur forte et agréable.

La *laque en grains* n'est autre que la laque en bâton, qui s'est brisée et détachée des branches, que l'on réduit en poudre grossière, et que l'on fait bouillir ensuite avec une faible dissolution de carbonate de soude pour en extraire la matière colorante.

Le *laque en écailles* se prépare en faisant fondre les deux autres espèces, après les avoir fait bouillir dans de l'eau pure ou légèrement alcaline, les passant à travers une toile et les coulant sur une pierre plate. Cette laque ressemble beaucoup au verre d'antimoine, mais elle varie de couleur, suivant qu'elle a été plus ou moins privée de son principe colorant; de là, les noms de laque en écaille, *blonde*, *rouge* ou *brune*.

La laque est employée comme dentifrice ; on s'en sert dans la préparation des vernis, pour luter les pièces de terre et de faïence et pour la fabrication de la cire à cacheter.

La cire rouge de qualité supérieure s'obtient en faisant fondre à une douce chaleur 48 parties de laque en écaille, 12 p. de térébenthine de Venise et 1 p. de baume du Pérou, et mêlant à la masse, lorsqu'elle est en fusion, 36 p. de vermillon. Lorsque la masse en se refroidissant commence à devenir pâteuse, on la roule en cylindre ou on la comprime dans des moules en laiton. Dans la fabrication de la cire commune, on remplace une grande partie de la laque par de la colophane, et le vermillon par du minium.

La matière colorante rouge de la laque en bâton est employée dans la TEINTURE (voyez ce mot).

LAQUES (*couleurs*). On comprend sous ce nom toutes les couleurs matérielles formées par la combinaison d'une matière colorante organique, avec une base terreuse ou métallique, qui est ordinairement l'alumine ou l'oxyde d'étain. On les prépare de deux manières principales, soit en mélangeant la décoction de la matière colorante avec une dissolution d'alun, et ajoutant du carbonate de soude, qui décompose l'alun et donne lieu à un précipité d'alumine qui entraîne avec elle la matière colorante, soit, lorsque la matière colorante est susceptible de s'altérer par l'action des alcalis, en agitant sa décoction avec de l'alumine en gelée, qui détermine la précipitation de la matière colorante.

Les laques les plus employées sont les laques rouges, qui ont pour base le bois de Brésil, la garance et la cochenille.

Pour préparer la laque de garance, on fait macérer cette substance dans l'eau froide, on exprime fortement le résidu, on le délaie dans l'eau, et on recommence quatre ou cinq fois ce traitement : on fait ensuite bouillir le résidu avec une dissolution d'alun, et l'on précipite la liqueur filtrée par le carbonate de soude.

Quand on a préparé le CARMIN, les liqueurs encore très colorées dont il s'est précipité, et la décoction des mares bien filtrée, servent à préparer la laque carminée. On y mêle 2 parties d'alun pour 1 p. de cochenille, et on ajoute quelques gouttes de dissolution d'étain, puis une quantité suffisante de carbonate de soude dissous dans l'alun.

L'oxyde d'étain se combine très bien avec les matières colorantes, mais en faisant virer leurs teintes naturelles ; ainsi, en ajoutant un excès de sel d'étain dans un bain de cochenille, on obtient une laque cramoisie très belle.

La graine d'Avignon sert à préparer la laque qui porte le nom de *stil de grain*. L'excès de carbonate alcalin, que l'on emploie pour la précipitation, fait virer la couleur au brun-jaunâtre.

LARMES BATAVIQUES. Voyez VERRE.

LATITUDES ET LONGITUDES. La latitude d'un point est l'angle que fait la ligne zénithale passant par ce point avec le plan de l'équateur; elle est mesurée par l'arc de méridien compris entre le point et l'équateur.

La longitude d'un point est l'angle que fait le méridien passant par ce point avec un autre méridien servant de point de départ, celui de l'Observatoire de Paris, par exemple. Cet angle est mesuré par l'arc de l'équateur compris entre ces deux méridiens.

Jadis les navigateurs prenaient toujours pour premier méridien celui passant par l'île de Fer, la plus occidentale des îles Canaries ; mais aujourd'hui les Français prennent, en général, pour premier méridien celui passant par l'Observatoire de Paris, tandis que les Anglais et les Espagnols placent le 0 des longitudes sur le méridien passant par Greenwich ou par Madrid. La réduction de toutes ces longitudes à un même méridien est du reste facile, lorsque l'on connaît exactement la différence des deux méridiens ayant servi de points de départ.

La position d'un point quelconque du globe est toujours parfaitement connue, lorsque l'on a sa longitude et sa latitude. Aussi, lorsque les navigateurs veulent connaître la position qu'occupe leur vaisseau sur la mer, il faut qu'ils calculent ces deux ordonnées ; c'est ce que l'on appelle *faire son point*.

En vue des côtes, et à l'aide de bonnes cartes, les marins font leur point avec des relèvements pris à la boussole sur les différents points du rivage, qui servent à fixer sur la carte la position du vaisseau, et par suite sa longitude et sa latitude ; mais lorsqu'ils se trouvent hors de la vue de la terre, c'est toujours aux astres à qui ils sont obligés de s'adresser pour connaître d'une manière exacte, soit la longitude, soit la latitude.

Pour obtenir la latitude à la mer, les marins emploient trois procédés différents :

1° Ils observent la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, lorsque cet astre se retrouve dans le méridien du lieu, c'est-à-dire à l'heure du midi vrai.

Le soleil obtient sa hauteur maximum au-dessus de l'horizon, précisément au moment de son passage au méridien. Pour reconnaître cet instant, il suffit, lorsque les chronomètres du bord annoncent les approches de midi, d'observer la hauteur du soleil d'une manière continue. Après avoir vu cet angle grandir, il arrive un moment où il diminue ; alors l'observation est terminée, et la hauteur maxima observée est celle que l'on emploie pour le calcul de la latitude.

2° Lorsque quelque obstacle, tel que le passage d'un nuage, peut empêcher d'observer le soleil au moment

Digitized by Google

précis de son passage au méridien, les marins prennent sa hauteur au-dessus de l'horizon plusieurs fois avant ou plusieurs fois après ce passage, en ayant soin de noter à chaque fois l'heure précise de l'observation qui est accusée par un chronomètre dont la marche est connue.

3° Deux observations de hauteur du soleil au dessus de l'horizon, séparées par un intervalle mesuré par un bon chronomètre, suffisent pour le calcul de la latitude. Ce troisième procédé comporte, du reste, des calculs différents, suivant que l'intervalle de temps qui s'écoule entre ces deux observations est grand ou très petit.

La première de ces trois méthodes comporte l'observation et les calculs les plus faciles; elle est d'une grande exactitude; aussi on n'a généralement recours à la seconde que lorsqu'on ne peut employer la première. Le calcul de la latitude par deux hauteurs de soleil et l'intervalle est aussi compliqué; il est rare que l'on y ait recours, à moins de circonstances pressantes.

Enfin, les marins peuvent encore déterminer la latitude, soit par des hauteurs lunaires, soit par les hauteurs simultanées de deux astres; mais ces observations entraînent après elles tant de difficultés, qu'ils y ont à peu près renoncé. Il est rare, en effet, que l'horizon de la mer pendant la nuit soit suffisamment éclairé pour que l'on puisse obtenir la hauteur des astres avec une grande exactitude. Lorsque, dans le jour, l'on aperçoit le disque lunaire, alors, en général, on peut faire des observations sur le soleil qui sont toujours préférées.

Le soleil, dans son mouvement apparent autour de la terre, passe momentanément par tous les méridiens et y marque le midi de chaque jour. Il en résulte que la différence de temps qui s'écoule entre le midi, de deux lieux placés sous deux méridiens différents, représente en temps la différence de ces deux méridiens, c'est-à-dire la différence des deux longitudes, en temps qu'il est toujours facile de convertir en degrés.

Pour trouver la longitude d'un point il suffit donc de mesurer la différence en temps des deux méridiens passant, l'un par le point de départ (l'Observatoire de Paris, par exemple), et l'autre par le lieu de l'observateur, c'est-à-dire déterminer la différence des heures entre deux lieux. Les marins y parviennent par deux méthodes différentes :

1° Par le transport direct du temps au moyen de chronomètres qui ont été parfaitement réglés sur l'heure du lieu de départ dont la longitude était connue. Des observations de hauteur au-dessus de l'horizon permettent de calculer l'heure du lieu, et sa comparaison avec l'heure du lieu de départ indiquée par le chronomètre fait connaître la différence des longitudes en temps.

L'exactitude de ce procédé dépend uniquement de celle des mouvements du chronomètre; malgré toute la perfection que l'on est parvenu à donner à ces instruments nautiques, ils ont besoin d'être réglés très souvent dans des lieux dont la longitude est connue, afin de déterminer surtout leurs marches, c'est-à-dire leur avance ou leur retard dans les 24 heures. Grâce à la multiplicité des voyages scientifiques, il existe aujourd'hui à peu près, dans toutes ces mers, des lieux dont la longitude est assez bien déterminée pour que les marins puissent y rectifier leurs chronomètres et poursuivre leur navigation avec sécurité.

2° On sait que les distances angulaires de certains astres varient à chaque instant en suivant des lois définies par l'astronomie. Par suite des calculs qui se font à l'avance dans les observatoires, les distances angulaires de certains astres, tels que ceux qui existent entre le soleil et la lune, sont données aux marins pour chaque heure des jours de l'année où il est possible de les observer. Il en résulte que les navigateurs peuvent, en observant directement ces distances, connaître exactement l'heure de Paris, par exemple, au moment de l'observation. Si eux-mêmes ils ont observé l'heure exacte du lieu où ils se trouvent, la différence des heures nous donnera la différence en temps des longitudes.

Cette deuxième méthode nécessite des calculs beaucoup plus compliqués que la première. En outre, comme les distances entre les deux astres ne varient que très lentement, elle exige des observations très précises; car une différence légère dans les heures entraîne des erreurs considérables pour la longitude. Enfin, le soleil et la lune qui sont les deux astres les plus commodes pour ce genre d'observations ne sont pas toujours visibles à la fois. Toutefois, cette méthode d'observer la longitude est fréquemment employée même à bord des vaisseaux munis de chronomètres; car c'est le seul moyen de reconnaître dans les longues navigations si les horloges n'ont pas éprouvé de dérangement dans leur mécanisme.

En outre de ces diverses méthodes de faire le point, on calcule aussi à bord de chaque navire ce que l'on appelle la longitude et la latitude estimée.

Un vaisseau part d'un point dont la longitude et la latitude sont connues; si au bout d'un certain temps l'on connaît la direction qu'il a suivie et le nombre de milles qu'il a parcourus, on en déduira facilement la longitude et la latitude du point d'arrivée; or, ces données sont fournies par le loch et la boussole (voyez NAVIGATION), instruments de peu de précision. Une grande partie des navires de commerce n'ont souvent pas d'autre moyen de reconnaître leur position, car le prix élevé des instruments nautiques, la difficulté des observations et des calculs font que souvent les capitaines renoncent à en faire usage.

Dans tous les cas, les marins sont obligés d'avoir recours à la longitude et la latitude estimées pour les calculs astronomiques; et enfin la comparaison de la position estimée avec celle qu'occupe réellement le navire sert à faire reconnaître au navigateur la direction et la force des courants qui agissent sur son bâtiment. Il est vrai que cette appréciation n'est jamais qu'approximative à cause du peu d'exactitude des instruments qui servent à estimer la route; mais on connaît toujours à peu près les limites d'erreurs qui peuvent provenir du peu de précision du loch et de la boussole, et dans la comparaison des chiffres provenant de l'estime et de l'observation, il est toujours possible de faire la part des erreurs de celle que l'on doit attribuer aux courants.

LAVAGE. Voyez *méthode par* DÉPLACEMENT, FILTRATION, MÉTALLURGIE.

LAVAGE DES LAINES. Voyez LAINES.

LEIOCOME, *amidon torréfié*, gomme-fécule. Voyez AMIDON et DEXTRINE.

LEVAIN (*angl.* leaven, *all.* gaehrungsstoff). La pâte servant à la confection du pain, abandonnée à elle-même, acquiert des propriétés de plus en plus acides, et devient susceptible de déterminer la fermentation d'une nouvelle quantité de pâte; c'est un moyen que l'on met chaque jour en usage pour faire lever la pâte qui sert à confectionner le PAIN.

Dans les pays où l'on fabrique de la BIÈRE, on remplace la levure de pâte par de la *levure de bière*, agent beaucoup plus énergique, mais on doit ménager la quantité, sans quoi elle communiquerait au pain un goût désagréable.

En Angleterre on se sert d'une sorte de levain dont l'effet ne dépend nullement de la fermentation; c'est du sous-carbonate d'ammoniaque que l'on incorpore dans la pâte, et qui, en se dégageant, lors de la cuisson, détermine dans toutes les parties de la pâte une foule de cavités semblables à celles produites par l'acide carbonique résultant de la fermentation.

LEVÉ DES PLANS. Cette opération a pour but de représenter la position d'un terrain et des divers accidents qui s'y trouvent, au moyen de leur projection

Digitized by Google

horizontale, à une échelle déterminée, et de courbes de niveau qui permettent d'en tracer le profil dans une direction quelconque.

L'instrument le plus simple que l'on puisse employer pour des levés d'une faible étendue est *l'équerre d'arpenteur*. C'est un prisme à huit pans ou un cylindre creux vertical, monté sur un piquet armé à sa partie inférieure d'un sabot en fer qui sert à l'enfoncer dans le sol. Huit fentes placées au pourtour du cylindre déterminent quatre plans diamétraux qui font entre eux des angles de 45°. On peut ainsi diviser le terrain à lever en triangles dont les angles ont 45 ou 90°, et dont on détermine les côtés en tout ou en partie en les chaînant, ce qui permet de les tracer sur le papier et d'en calculer la surface, ce qui est l'objet principal des toiseurs-vérificateurs qui font surtout usage de cet instrument.

Dans le cadastre on se sert beaucoup de la *planchette*, qui consiste en une simple planche montée à genou sur un pied à trois branches, et sur laquelle on tend une feuille de papier. On mesure une base horizontale sur le terrain, et on prend comme stations les deux extrémités de cette base, ainsi qu'un nombre de points suffisants tels que l'on puisse autant que possible apercevoir tous les accidents du terrain, de deux de ces points, en les marquant au moyen de jalons. Arrivé à une station on pose le point de la station sur la planchette sur le trou du jalon, au moyen du fil à plomb, en faisant tourner la planchette de manière à l'orienter, c'est-à-dire de manière à ce qu'en visant avec une alidade à pinnules ou à lunette l'une des stations précédentes, la règle de l'alidade coïncide avec le trait qui, sur le papier, indique cette direction; enfin il faut la placer exactement horizontale, ce qui se fait à l'aide d'un niveau à bulle d'air. On fait alors passer l'alidade par le point de station et on vise successivement tous les points dont on veut déterminer la position et que l'on aperçoit, en traçant sur le papier les positions correspondantes de la règle de l'alidade; on détermine ensuite ces points soit par recoupement au moyen des rayons visuels partant d'une autre station, soit au moyen d'un chaînage que l'on reporte sur la direction de la ligne de visée, d'après l'échelle de réduction adoptée.

Pour les plans de peu d'étendue on se sert aussi souvent d'une boussole à pinnules ou à lunette montée sur un pied, en notant à chaque station les angles que l'aiguille aimantée fait avec les rayons visuels dirigés vers les points d'observation. L'aiguille aimantée ayant une direction sensiblement constante dans le même lieu, les angles des rayons visuels sont les différences des indications de la boussole et peuvent être aisément tracés sur le papier au moyen d'un rapporteur. En y joignant un certain nombre de chaînages, on a tous les éléments nécessaires pour le tracé des plans.

Enfin on mesure les angles avec plus d'exactitude au moyen de deux lunettes, l'une fixe, l'autre mobile; ce sont le *graphomètre* et le *cercle répétiteur*. Le théodolite n'en diffère qu'en ce que les deux lunettes ont un mouvement dans le sens vertical qui permet de réduire immédiatement les angles à l'horizon.

Au moyen des instruments que nous venons de décrire on obtient une projection horizontale du terrain. Pour achever d'en avoir une représentation exacte, il faut y tracer des courbes de niveau, ce qui se fait au moyen de la détermination des cotes de hauteur d'un certain nombre de points. On se sert à cet effet de mires glissant sur des tiges graduées, que l'on transporte aux différents points, dont l'on veut déterminer la différence de hauteur, et d'un niveau à bulle d'air et à lunette, qui sert à fixer ces mires.

Dans quelques cas, on détermine la hauteur des montagnes au-dessus du niveau de la mer au moyen d'observations barométriques.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que du levé des plans à la surface; il nous reste à dire quelques mots sur le levé des plans de mines.

Ordinairement, dans ce cas, on fixe dans les galeries, alternativement de chaque côté, des clous sur lesquels on tend une ficelle; on observe entre chaque station la largeur et la hauteur des galeries, leur état, etc., et la longueur d'un clou à un autre, en la chaînant. On prend ensuite la direction, en accrochant au milieu de la ficelle une boussole ayant un double système de suspension, autour de deux axes, de sorte qu'elle demeure toujours horizontale; puis on mesure l'inclinaison en suspendant près de chaque clou un demi-cercle divisé et portant en son centre un fil à plomb, et prenant la moyenne des deux observations, pour avoir l'inclinaison moyenne. Les longueurs mesurées multipliées par les cosinus des inclinaisons observées donneront les projections horizontales, et on aura les différences de hauteur en les multipliant par les sinus des mêmes angles; il sera donc facile de tracer les projections horizontales et verticales des galeries.

Dans les mines qui renferment du fer oxydulé ou des chemins de fer, on ne peut se servir de la boussole à cause de la déviation que la présence du fer ferait éprouver à l'aiguille aimantée. Dans ce cas, on se sert d'un théodolite muni de deux lunettes pour mesurer les angles de direction et dont la lunette supérieure se met le long d'un limbe vertical gradué qui permet de mesurer les inclinaisons. Comme cette lunette est excentrique, on mesure de nouveau les angles en retournant l'instrument et on en prend la moyenne, ce qui corrige l'erreur d'excentricité. On se sert comme points de visée de lampes placées sur des pieds de même hauteur que celui du théodolite.

LEVIER. C'est la plus simple des machines; elle consiste en une verge inflexible droite ou courbée, assujettie à tourner autour d'un point fixe ou point d'appui, et sollicitée par deux forces qui tendent à lui imprimer chacune un mouvement *en sens contraire*, et auxquelles on donne ordinairement le nom de puissance et de résistance.

Quand le point d'appui est situé entre la puissance et la résistance, le levier est dit de la première espèce. Dans le levier de la seconde espèce la résistance est placée entre le point d'appui et la puissance. Enfin, dans le levier de la troisième espèce, la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance.

La condition pour que la puissance et la résistance se fassent équilibre, est que ces forces soient situées dans le même plan et en raison inverse de leurs bras de levier, c'est-à-dire de leur distance au point d'appui, ou en d'autres termes que leurs moments, par rapport à ce point, soient égaux : on entend par moment d'une force par rapport à un point, le produit du nombre qui exprime cette force par la perpendiculaire abaissée du point sur la direction de la force.

LICHEN. Nom d'une famille de végétaux cryptogames de forme très variée, mais qui sont faciles à distinguer à leur consistance particulière, sèche et coriace, jamais charnue ni véritablement foliacée. Ils absorbent promptement l'humidité de l'air et le laissent échapper avec la même facilité, aussi sont-ils généralement secs et friables par un temps sec, mous et flexibles par un temps humide. Ils végètent sur les troncs des arbres, les pierres, la terre humide, les vieux bois, en un mot sur toutes les surfaces humides, et se fixent sur ces corps par des sortes de crampons et non par de véritables racines.

Les plus employés sont : 1° le *lichen parellus* ou *parelle d'Auvergne*, et le *lichen rocella* qui se trouve aux îles Canaries, qui servent tous les deux à la fabrication de l'ORSEILLE; et 2° le lichen d'Islande ou *cetraria islandicus*, qui est employé comme médicament et comme

Digitized by Google

substance alimentaire, après l'avoir toutefois dépouillé de son amertume en le laissant macérer pendant quelque temps dans de l'eau. On en a retiré, ainsi que de plusieurs autres espèces de lichen, le *lichen carragheen* surtout, une matière gommeuse qui peut être employée avec beaucoup d'avantage dans la préparation du *parement* dont les tisserands enduisent les chaînes de leurs pièces, et donne à ce parement une souplesse et une élasticité qui permettent aux ouvriers de travailler dans des lieux secs, et de se soustraire par là aux inconvénients qui résultent pour lui de travailler constamment dans des lieux humides.

LEVURE DE BIÈRE. Voyez BIÈRE.

LIÉGE (*angl.* cork, *all.* kork). Le liége est l'écorce d'une espèce de chêne qui croît dans les terrains arides du midi de l'Europe et du nord de la Barbarie. On rencontre le *quercus suber* en France, dans les départements du Var, des Landes, de Lot-et-Garonne et des Pyrénées orientales où l'on fabrique beaucoup de bouchons; le liége de Barbaste est le plus beau de France; la Corse possede beaucoup de *chênes-liége*, mais il n'y est presque pas exploité, ce qui fait qu'il est dur et cassant, car le liége a besoin d'être en exploitation pour s'améliorer; celui qu'on récolte régulierement tous les six à huit ans, acquiert la qualité voulue; c'est par défaut d'exploitation que les forêts de la Calle et de Bone en Afrique, fréquemment incendiées par les Arabes, seront encore longtemps fort peu productives, au dire de Bory-de-Saint-Vincent, et à cause des animaux féroces qui sont en si grand nombre dans ces forêts, qu'il n'est pas possible d'y marcher pendant une heure sans y rencontrer des tigres, des lions, des hyènes et des sangliers en très grand nombre. L'Italie aussi possède des chênes-liége, mais l'Espagne et le Portugal sont les pays les plus favorisés sous ce rapport; le liége de la province de Lérida est le plus estimé, aussi le gouvernement de Madrid vient-il d'en interdire l'exportation en planches, attendu qu'il peut être à peu près entièrement façonné par les bouchonniers du pays. Séville expédie beaucoup de liége à l'Angleterre qui en tire aussi de Sétubal, de Porto et de tout le Portugal. L'Estramadure possède de très grandes forêts de liéges, mais elles n'ont pas encore été mises en valeur. La Toscane, la Calabre, la Sardaigne, la Sicile fournissent du liége à la France; mais si celui d'Espagne et de Portugal venait à manquer au commerce, il y aurait disette de bouchons.

Il y a deux espèces de chêne-liége, le blanc et le noir; le blanc croît en France, le noir en Espagne.

La récolte du liége n'est pas une opération difficile, et cependant, quand elle est faite brutalement, elle peut déterminer la perte de l'arbre qui, sans cela, peut être dépouillé dix à douze fois pendant sa vie.

On pratique deux incisions annulaires, au-dessus et au-dessous de la portion d'écorce que l'on veut obtenir, on la fend ensuite par des incisions perpendiculaires et paralleles, au nombre de deux ou trois, et par l'application du feu ou de la flamme à l'extérieur, les planches se détachent aisément; mais il faut avoir soin de respecter les couches de *liber* nécessaires à l'existence de tous les végétaux.

Les planches de liége les plus légères, d'un grain fin, sans nœuds ni crevasses, d'un ton gris-jaunâtre, sont les meilleures, mais il est fort rare de rencontrer une planche un peu grande sans défauts. Le liége de Portugal est gratté soigneusement, le charbon en est enlevé, ce qui le rend, comme on dit, plus marchand.

Nous ne ferons pas l'énumération des nombreux emplois du liége, mais on serait fort en peine de le remplacer, si cette substance venait à manquer dans le commerce; car on n'a rien encore trouvé qui pût en tenir lieu, pour conserver hermétiquement et économiquement les liquides. On peut fabriquer d'énormes bondes en collant des pièces de liége ensemble à l'aide d'une colle indélébile dont la base est la gomme-laque; on en fait des semelles contre l'humidité et les garnitures de filets de pêche. On assouplit les bouchons trop durs à l'aide d'une mâchoire et d'un levier, de manière à les introduire aisément dans de petits goulots : les bouchons de Champagne donnent un exemple de la réduction de volume auquel on peut amener le liége, et ce qu'il y a de singulier, c'est qu'on peut faire reprendre à ces bouchons, ainsi écrasés, leur forme première, en les traitant par la vapeur.

On conçoit que le travail à la main ne produit jamais deux bouchons parfaitement semblables, et il faut qu'ils soient assortis pour le consommateur qui a souvent des parties de bouteilles neuves, du même diamètre de goulot; c'est en faisant ce simple travail d'assortiment que certaines maisons bien connues ont amassé des fortunes colossales à Paris.

Les bouchons fabriqués à la mécanique tombent tout assortis, de tous les diamètres et de tous les degrés de conicité voulus. C'est la routine ancienne qui veut encore des bouchons coniques; les bouchons cylindriques dont on comprime un bout pour leur donner de l'*entrure* ferment beaucoup mieux les bouteilles, témoin les bouchons à vin de Champagne qui sont tous cylindriques. Le goulot des bouteilles étant légèrement étranglé sous la bague, le liége s'épanouit quand il a passé le défilé, il fermerait comme un piston de presse hydraulique si l'extrémité du bouchon était un peu évidée.

Le goulot des bouteilles anglaises est encore plus rationnellement fabriqué que celui des nôtres, son entrée est évasée en entonnoir, puis vient l'étranglement suivi d'un nouvel évasement; l'intérieur du goulot représente, en un mot, deux cônes tronqués opposés par le sommet.

L'introduction du bouchon cylindrique a lieu dans ces bouteilles, sans autre précaution qu'un grand coup de maillet; la bouteille reposant perpendiculairement sur un bloc de bois placé au centre d'une cuvette, résiste parfaitement à ce choc direct. La casse est infiniment moindre, ainsi que par le bouchage à main levée, c'est-à-dire sans appui pour la bouteille.

Nous profiterons de cette occasion pour répéter un conseil que nous avons déjà plusieurs fois adressé aux fabricants de vin mousseux, pour éviter entierement la casse et simplifier leur travail d'épuration. Il nous semble qu'au lieu de traiter leur vin bouteille par bouteille, il serait plus simple de le traiter par mille et même par dix mille bouteilles à la fois. Il suffirait pour cela d'avoir de grands cylindres en tôle, étamés en dedans et suspendus sur un axe transversal qui permettrait de les incliner sous tous les angles, jusqu'à la verticale; ces cylindres, semblables à des chaudières à vapeur, seraient munis de soupapes de sûreté pour laisser échapper les gaz, dont la formation dépasserait la pression voulue, pendant la fermentation. Ces cylindres, dont l'extrémité se terminerait par un cône muni d'un fort robinet, seraient, comme les bouteilles, inclinés graduellement, et laisseraient échapper la lie jusqu'au dernier atome. Quand le vin commencerait à sortir clair, on procéderait à la mise en bouteilles sous pression et à la mécanique, comme cela se pratique pour l'eau gazeuse.

Le prix d'achat de ces réservoirs serait bientôt couvert par l'absence de toute casse, l'économie de la main-d'œuvre et celle des bouchons perdus par les opérations de la double purge. Ce n'est pas une petite dépense pour la Champagne que celle des bouchons, car elle en consomme annuellement pour près de quatre millions de francs; ce sont des bouchons spéciaux du liége le plus fin, et qui coûtent aujourd'hui de dix à onze centimes la pièce.

Les mécaniciens les plus distingués de France, d'Angleterre et d'Allemagne, n'ont cessé de faire des efforts

Digitized by Google

inouïs, pour remplacer par la mécanique les nombreux ouvriers bouchonniers qui vivent de ce travail, mais ils ont rencontré des obstacles insurmontables dans l'emploi mécanique des lames tranchantes ; tant à cause des corps étrangers, du sable et des résines durcies qui se trouvent dans les pores du meilleur liége, qu'à cause de la variété considérable de grandeurs et de sortes de bouchons qui exigerait une infinité de machines compliquées dont les tranchants, bien qu'aiguisés continuellement, ne peuvent faire un service assez long sans s'émousser. Il a donc fallu s'en tenir au couteau primitif, dont le fréquent graissage dépose toujours un peu d'huile dans les pores de quelques bouchons, qui communiquent aux vins un goût de rancidité, dont on ne sait découvrir la cause.

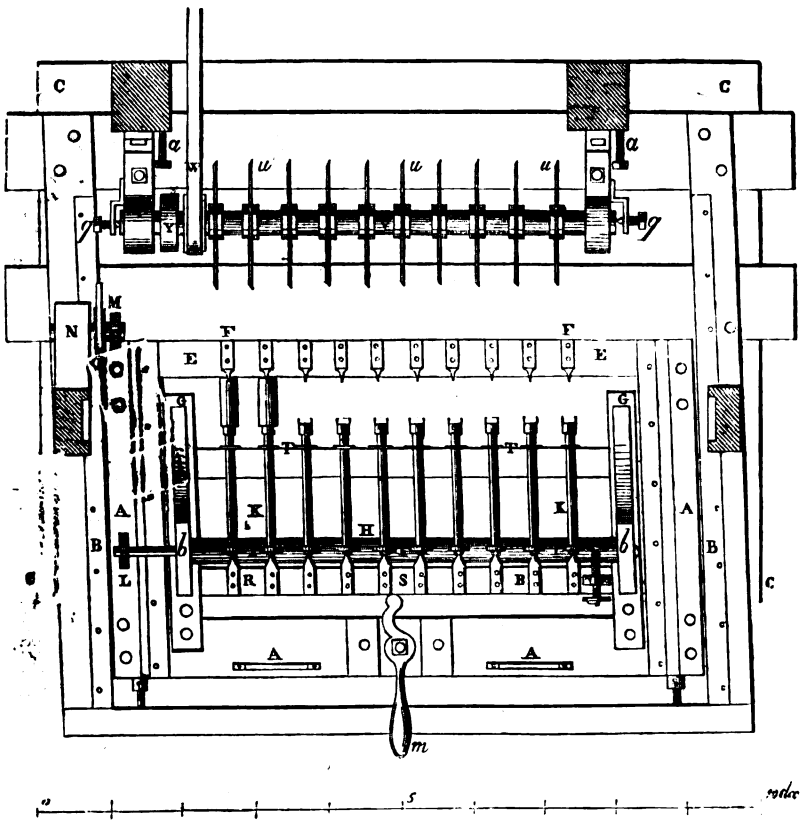
C'est après être passé par toutes les phases de cette fabrication difficile et avoir dépensé beaucoup d'argent, que M. Moreau s'est avisé de retourner la question de fond en comble. Abandonnant les routes battues où il n'avait rien trouvé de bien supérieur à ses prédécesseurs, il est parvenu depuis peu à construire une machine sans tranchants, dans laquelle il suffit d'introduire le liége, qui en sort tout façonné en bouchons de toutes grandeurs, parfaitement cylindriques ou coniques, polis et veloutés, sans que la graisse ni la main de l'ouvrier les ait touchés et salis.

Le principe découvert par M. Moreau, l'usure par la friction rapide, nous semble si fécond, qu'il nous est permis d'en attendre chaque jour des résultats plus considérables. Par exemple, le liége se façonne entre ses mains en bouchons à tête profilée, avec netteté. Chaque grande maison aura peut-être un jour ses bouchons de luxe, portant la silhouette de son chef.

Pour ne pas nous éloigner de la partie utile, nous dirons que les déchets de cette nouvelle fabrique ont trouvé des applications que ne présentent pas les déchets des anciennes, qui sont d'ailleurs trop disséminés, et qui coûteraient trop à réunir. Par exemple, il résulte de la friction une farine de liége qui sert à polir les métaux, et qui, brûlée en vase clos, donne le plus beau noir d'imprimerie que l'on connaisse ; cette poudre trouvera bientôt une multitude d'emplois dans les arts industriels. On fait avec les copeaux de liége des ceintures, des gilets et des matelas de sauvetage, les premiers ont été embarqués sur le *Constant* parti d'Anvers pour le Brésil. Ce navire a péri dans la nuit du 12 au 13 octobre de l'an passé, à douze milles de Saint-Thomas, et tout l'équipage a été sauvé.

Il serait difficile de donner une idée bien juste de la consommation des bouchons ; mais on sait qu'elle est énorme. La Champagne seule en emploie 40 millions, au prix de 80 à 100 francs le mille. L'Angleterre en emploie, tant pour elle que pour ses envois aux colonies et en Amérique, plus de 20 millions par jour. Aussi les docks de Londres sont-ils toujours pourvus de montagnes d'écorces, qui se démolissent et se reforment sans cesse, par les arrivages d'Espagne, de Portugal et d'Italie.

Les bouchons se vendent de 4 fr. à 100 fr. le mille, l'importance de ce commerce pour la Grande-Bretagne



1395.

Digitized by Google

est d'environ 20 millions par an. Il est de près de 50 millions pour l'Europe. Il ne faut donc pas s'étonner des fortunes colossales faites dans ce commerce, par presque toutes les maisons qui s'y sont livrées.

L'écorce de liége qu'on emploie pour la fabrication des bouchons se présente ordinairement sous la forme de larges planches courbes. Avant d'être transformée en bouchons, elle subit plusieurs opérations que nous allons décrire :

1° On divise l'écorce en bandes d'une largeur égale à la longueur des bouchons qu'on veut obtenir;

2° On subdivise ces bandes en parallélipipèdes rectangles. Ces deux opérations préparatoires se font à la main et au couteau; on présente ces parallélipipèdes à l'entrée d'un instrument facile à comprendre, puisqu'il ne se compose que d'un tube creux animé d'une grande vitesse de rotation, contre lequel il suffit d'appuyer l'extrémité des parallélipipèdes de liége qui le traversent et sortent cylindriques, de carrés qu'ils étaient entrés, parce que le tube est armé à son ouverture d'un anneau tranchant.

Machine pour rendre les bouchons coniques. Cette machine se compose de deux parties principales :

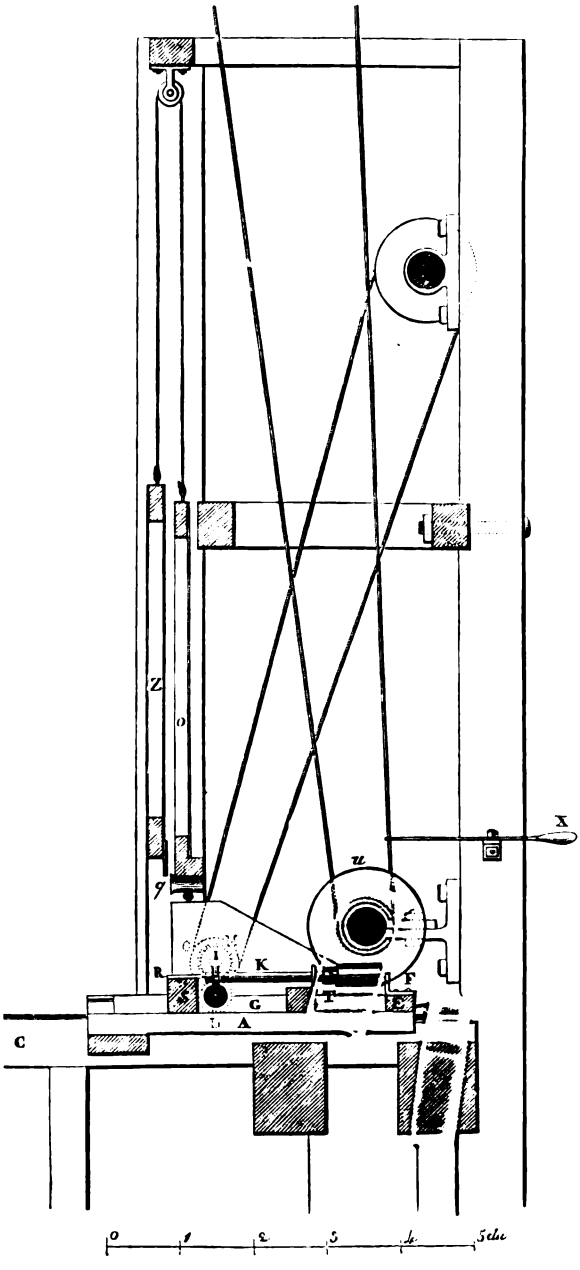
1° D'un chariot glissant horizontalement dans les coulisses d'un bâti, et muni de broches portant chacune un morceau cylindrique de liége de la longueur d'un bouchon;

2° De meules fixées sur un même axe, tournant dans des coussinets d'about, et qui, par leur grande vitesse de rotation, usent et polissent par une vive friction les morceaux cylindriques de liége que les broches leur présentent obliquement en accomplissant un mouvement de rotation lent et uniforme.

Il y a une troisième partie moins importante, mais qui complète l'ensemble de cette machine; ce sont deux cadres en bois, glissant dans des coulisses ménagées dans les montants du bâti et suspendus sur une poulie fixée au milieu d'une traverse, à l'aide d'une corde. L'un de ces cadres est muni en dessous de godets en fer-blanc, dans lesquels on place le liége préparé, et de deux pieds munis de roulettes; l'autre cadre porte des morceaux de tôle, découpés en forme de fer à cheval qui servent, en s'abaissant, à faire tomber les bouchons terminés, quand on retire le châssis qui porte les tiges, lesquelles tiges en reculant abandonnent les bouchons qui butent contre les fers à cheval et se détachent des pointes qui les retenaient.

Description de la machine à friction. Cette machine est représentée en plan fig. 1395, et en coupe fig. 1396 : Le chariot se compose de deux châssis en bois. Le premier, celui de dessous A, qui glisse obliquement dans des coulisses en fer B, fixées sur le bâti en bois C, porte sur la traverse de derrière E, de petites équerres en fer F, munies chacune à leur extrémité d'une pointe. Le second châssis, celui de dessus G, qui glisse aussi horizontalement dans le premier, A, porte une vis sans fin H, qui commande les pignons I, lesquels font tourner les broches K, armées de deux pointes. Cette vis est munie à l'une de ses extrémités d'un pignon L, commandé par un autre M, dont le support est fixé sur le montant N. Sur l'axe du pignon M est fixée une poulie O, qui reçoit son mouvement d'une autre poulie placée sur l'arbre Q.

Les broches K sont supportées à l'une de leurs extrémités par les pointes de petits fers R assujetties à la traverse S du châssis intérieur G, et vers l'autre, par



1396.

de petits supports en fer percés T, dans lesquels ils tournent librement. Ces broches sont munies, comme nous l'avons déjà dit, à leur extrémité de deux pointes.

Meules. Les meules *u*, chacune de 20 centimètres de diamètre, sont en liége ou de tout autre matière flexible, et enduites, d'un côté, de colle-forte mêlée d'émeri.

Digitized by Google

Elles sont fixées sur l'arbre V, qui, à l'aide de vis q, q, peut être avancé ou reculé horizontalement à droite ou à gauche, selon l'épaisseur que l'on veut donner aux bouchons. L'arbre est en outre muni, à l'une de ses extrémités, d'une poulie fixe W, qui imprime aux meules un mouvement d'environ deux milles tours par minute. A côté de cette poulie fixe se trouve une poulie folle Y. X, est une fourche qui sert à transmettre la courroie d'une poulie sur l'autre.

Marche de la machine. On avance d'abord le chariot A, à fond ; sa course est déterminée par des têtes de vis a, a, fixées dans le bâti. En même temps le cadre O, qui est pourvu de roulettes, s'élève sur le talus *bb* que porte le châssis G, et présente les godets *p* pour recevoir le liége préparé cylindriquement ; cette opération faite, on retire le chariot, tandis que le cadre O, descendant des talus, s'abaisse et les godets se placent entre les pointes des broches et celles fixées sur la traverse E. On ferme ensuite, à l'aide d'un levier courbé M, le châssis intérieur G, alors le liége qui se trouvait dans les godets est poussé par les broches K et est saisi entre les pointes de ces broches et celles fixées sur la traverse du châssis A. Enfin, en avançant de nouveau le chariot jusqu'au fond, le liége se présente obliquement contre la partie des meules garnies d'émeri ; en même temps le pignon L engrène le pignon M, mis en jeu par la poulie O, et communique un mouvement de rotation à la vis sans fin et par conséquent aux broches qui portent le liége, lequel se présentant contre les meules reçoit de ces dernières, par la friction, une forme conique proportionnée à l'obliquité du cadre.

Le rapport entre la vitesse des meules et celles des broches est comme 1 à 2000.

Pour reconnaître avec certitude que les bouchons ont parcouru une évolution complète, sur le devant du châssis est placé un compteur, qui consiste en un pignon *p*, commandé par la vis sans fin, et ayant deux dents de plus que ceux placés sur les broches, dont l'axe est muni à son bout d'une aiguille qui parcourt un cadran.

En terminant, nous rappellerons qu'un brevet pris l'année dernière, en France, au nom de M. Frénais, et avec le consentement de M. Moreau, garantit pour quinze ans la propriété de l'application du principe de la friction à la fabrication des bouchons. JOBARD.

LIGNEUX. Voyez BOIS.

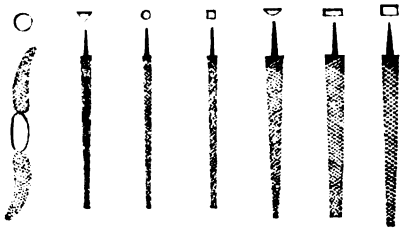
LIGNITE. Voyez COMBUSTIBLES et HOUILLE.

LIME (*angl.* file, *all.* feile). Outil d'acier bien connu, dont la surface est couverte d'entailles qui servent à couper ou à user les métaux, l'ivoire, le bois, etc.

Lorsque les entailles ont été faites au moyen d'un ciseau rectiligne, tranchant, tenant tout le travers du morceau de fer à tailler, ces outils s'appellent proprement des limes ; mais si les dents en ont été taillées avec un poinçon en forme de pyramide triangulaire, on leur donne plus particulièrement le nom de râpes. Les premières servent à travailler les métaux, l'ivoire, les os, la corne et le bois ; on se sert des dernières plus spécialement pour le bois et la corne.

Les limes sont de deux sortes, selon la forme de leurs entailles. Lorsque celles-ci forment une série de saillies tranchantes produites par le ciseau plat, et présentant des sillons parallèles faisant des angles droits avec l'axe de la lime, ou bien dirigés obliquement par rapport à cet axe, on les appelle, dans ce cas, écouennes ; mais si elles offrent une deuxième série d'entailles qui croisent les premières, elles portent alors le nom de limes.

Les premières servent à limer le plomb, les corps mous, parce que les entailles se remplissent moins rapidement que celles des limes proprement dites, qui conviennent bien mieux pour les métaux plus durs, tels que le fer fondu ou forgé, et l'acier. Les dents, les dimensions et les formes des limes, la finesse de leur taille varient beaucoup suivant les divers usages qu'on en doit faire, depuis la grosse lime d'Allemagne qui sert à ébaucher jusqu'à la lime douce, dont la taille est quelquefois tellement fine qu'elle ne sert qu'à dresser les surfaces déjà dressées.



1397.

Les grosses limes sont taillées très rudes et les tailles en sont profondes. Leur section est habituellement un parallélogramme et va en diminuant du milieu à l'extrémité. Ces limes doivent être assez pesantes pour que l'action de leur masse vienne aider à l'impulsion de l'ouvrier limeur. Comme elles se trouvent en général former un paquet entouré de paille, du poids de 8 à 9 hectogrammes, on les désigne sous le nom de limes *de une au paquet*, *deux au paquet*, etc. Ces limes nous viennent en assez grande quantité de l'Allemagne, où elles sont fabriquées avec l'acier naturel des fontes spathiques du Rhin : sous le rapport de l'usage et de la qualité cette lime est inférieure à celle en acier fondu, mais elle a l'avantage du meilleur marché et se vend à peu de perte après son usé pour l'aciérage des outils de taillanderie. Cette considération est d'une grande influence sur la vente de cet article dont on fabrique aujourd'hui, en France, de grandes quantités, mais qui ne pourra être établi aussi avantageusement qu'en Allemagne, qu'autant qu'on se placera dans des conditions de fabrication analogue en employant des aciers naturels d'égale qualité.

Les limes moyennes sont taillées plus finement et varient de $0^m,15$ à $0^m,30$ de longueur.

Les principales sont :

La lime bâtarde, taillée sur trois côtés seulement, le quatrième permettant d'opérer dans un angle en n'attaquant qu'un des côtés. La largeur est généralement égale d'une extrémité à l'autre, mais l'épaisseur diminue vers le bout de manière à donner un peu de convexité à la surface.

Le tiers-point ou trois-quarts dont la section est triangulaire et qui sert particulièrement à affûter les scies. *La queue de rat* est ronde, pointue par son extrémité, se trouve comme le tiers-point sur toute grandeur, sert à agrandir les trous.

La demi-ronde a une de ses faces dressée suivant un arc de cercle. Enfin, *les limes Couteller*, minces d'un côté, servent à fendre les têtes de vis, etc. On emploie souvent aussi les *sciottes*, qui ne sont taillées que sur l'épaisseur.

Les petites limes ont toutes les formes déjà indiquées, et toutes celles que le besoin fait naître et qui force quelquefois à recourber les manches. La taille de ces limes est demi-douce et quelquefois très douce, vu qu'elles servent le plus souvent à finir.

Les meilleures limes sont obtenues en employant l'acier fondu provenant de l'acier cémenté, obtenu au moyen des excellents fers de Suède, extraits des minerais de Danemora, et dont les Anglais ont su s'emparer par de longs marchés, tandis que nos lois de douanes les repoussent de France. Le fer de Russie portant la marque C C M D, est aussi très bon. Il faut que l'acier employé pour les limes ait à la fois une très grande dureté et une certaine ténacité, afin que les dents n'écla-

Digitized by Google

tent pas. Enfin, il doit être parfaitement homogène, et c'est à cette condition que satisfait parfaitement l'acier fondu toujours exempt des pailles qui se rencontrent fréquemment dans l'acier cémenté.

La forge d'un fabricant de limes se compose de grands soufflets et d'un foyer où l'on brûle du coke pour combustible. Le bloc qui supporte l'enclume, particulièrement à Sheffield, est une grande masse de pierre de grès ; l'enclume est d'une grosseur considérable ; elle est solidement assise dans la pierre. L'un de ses bouts est le trou dans lequel on met le tranchet qui sert à couper les limes dans des barreaux d'acier. L'enclume est également munie d'une rainure assez profonde, qui reçoit les étampes au moyen desquelles on donne aux différentes limes leurs formes particulières.

Les limes plates et carrées sont entièrement façonnées au marteau. Un ouvrier tient d'une main le barreau chauffé, et de l'autre il le bat avec un petit marteau ; un autre ouvrier se tient devant l'enclume, armé d'un marteau à deux mains. Ce dernier est un marteau généralement très lourd, avec une large face pour les grosses limes. Les deux ouvriers battent le barreau d'acier de manière à en rendre la surface unie et plate, ce qui ne peut être obtenu que par la grande habitude que ces ouvriers ont acquise à force de faire la même chose. La rapidité avec laquelle ils opèrent, et qui provient de la même cause, n'est pas moins remarquable.

Les limes demi-rondes reçoivent leur forme au moyen d'une étampe fixée dans la rainure de l'enclume dont nous venons de parler. Lorsque le barreau d'acier a été suffisamment étiré, on le fait entrer dans le creux arrondi de l'étampe, et on le bat à coups de marteau jusqu'à ce que le creux se trouve rempli.

Les tiers-points sont également façonnés au moyen d'une étampe, dont le creux se compose de deux faces qui forment un angle dans le fond. On forge d'abord la barre d'acier carrément, puis on l'introduit par l'une de ses arêtes dans le creux de l'étampe, dont les deux côtés s'ajustent avec ceux du barreau, tandis qu'on aplatit à coups de marteau la partie qui doit faire le troisième côté de la lime. Quant aux limes rondes, on n'emploie pas pour les arrondir d'autre moyen que celui qu'emploient en pareil cas les forgerons ordinaires, seulement la forme est ici un peu conique.

La lime sortant de la forge est polie et dressée, s'il y a lieu ; puis, on passe à l'opération de la taille.

L'enclume du tailleur de limes est plus ou moins grande, selon la grosseur des limes ; elle doit avoir une surface aussi plate et aussi unie que possible. Les marteaux dont cet ouvrier se sert pèsent d'un à deux ou trois kilos. Les ciseaux avec lesquels il fait les entailles sont un peu plus larges que la lime qu'il doit tailler ; ils sont affilés sous un angle d'environ 20 degrés. Leur longueur est juste suffisante pour qu'ils puissent être tenus solidement entre l'index et le pouce, et ils doivent être assez forts pour ne pas fléchir sous les coups de marteau, dont l'intensité doit se régler sur la profondeur des entailles. La lime est d'abord placée à nu sur l'enclume, de manière que l'un de ses bouts en dépasse le bord antérieur et l'autre le bord opposé. On fait alors passer sur chaque extrémité de la lime une courroie de cuir, qui descend de chaque côté du bloc jusqu'au pied de l'ouvrier ; celui-ci appuie alors sur chacun des côtés de cette courroie comme sur un étrier, et maintient la lime solidement arrêtée sur l'enclume, tandis qu'il frappe ses coups pour faire les entailles. Lorsqu'il s'agit de tailler l'extrémité même de la lime, il fait passer la courroie sur un seul point de celle-ci, dont la pointe porte alors sur l'enclume, tandis que la queue porte sur un appui placé de l'autre côté de la courroie. Lorsque l'un des côtés de la lime ne doit avoir qu'une simple taille, on passe légèrement dans chaque taille une lime fine pour en ôter les aspérités ; si la lime doit être à double taille, on frappe une autre série de dents à travers les premières, et presque à angle droit. La lime est alors terminée de ce côté ; on conçoit que le côté taillé ne doive pas reposer à nu sur l'enclume pendant qu'on taillera l'autre côté. On interposera donc alors entre l'enclume et le côté taillé un morceau plat d'alliage de plomb et d'étain, qui garantit complétement les entailles déjà faites d'un côté, tandis qu'on frappe celles de l'autre. On se sert de semblables morceaux de plomb et d'étain, avec des rainures angulaires ou arrondies, pour tailler les tiers-points et les demi-rondes.

Les râpes sont taillées précisément de la même manière, mais en employant un poinçon triangulaire au lieu d'un ciseau plat. Le grand art de bien tailler une râpe, consiste à placer chaque nouvelle dent qu'on fait de manière à ce qu'elle corresponde, autant que possible, au milieu de l'intervalle de deux autres.

La lime est un outil coûteux, puisque son affûtage est impossible ; aussi cherche-t-on chaque jour à remplacer son travail par celui des burins (voyez MACHINES A RABOTER, etc.) ; mais son emploi n'en restera pas moins toujours très considérable pour le travail des pièces de petites dimensions. On a donc dû chercher à en diminuer le prix, et un des moyens les plus simples paraît d'obtenir les tailles par procédé mécanique. Toutefois, on a à peu près renoncé à cette idée, par suite de la complication des machines nécessaires à cet usage pour remplacer une façon coûteuse, et surtout parce que les produits ont toujours été bien inférieurs à celui de la taille à la main. L'habitude de l'ouvrier, qui lui permet de proportionner son coup de marteau à la résistance qu'il rencontre et à l'état du ciseau, à l'inclinaison de ses faces à chaque affûtage.

Nous pensons, toutefois, qu'il ne sera pas sans intérêt de donner la description d'une machine destinée à opérer ce travail mécaniquement. Elle n'est que le perfectionnement des machines antérieures, et est due à M. William Shilton de Birmingham, qui a pris, en avril 1833, une patente en Angleterre pour son invention.

Les morceaux d'acier façonnés à blanc sous forme de limes ou de râpes, sont fixés sur un support avançant par intervalles réglés sous un ciseau qui reçoit à chaque impulsion le choc d'un marteau ; la distance dont la lime doit avancer à chaque mouvement dépend de la finesse ou de la grosseur de la taille, et ce mouvement s'exécute et se règle au moyen d'une crémaillère et d'un pignon, dont l'axe est mis en mouvement par un organe dit *dent de chien*, semblable à celui employé pour un usage analogue dans les scieries.

Lorsque la machine est employée à tailler les dents des râpes, comme l'outil ou le poinçon ne produit qu'une seule dent à la fois, il faut que le marteau qui porte cet outil opère par le travers de la lime, dans le sens de sa largeur et d'un bord à l'autre, et qu'il revienne ensuite sur lui-même. Aussitôt que le marteau a donné son dernier coup pour former la dent la plus rapprochée de l'un des bords de la râpe, la lime fait alors un pas en avant.

Afin de faire mieux comprendre le mécanisme, voici deux dessins de l'appareil :

La fig. 1398 est une élévation de la machine, vue de côté ; la fig. 1399 en est le plan horizontal, la machine étant vue par dessus.

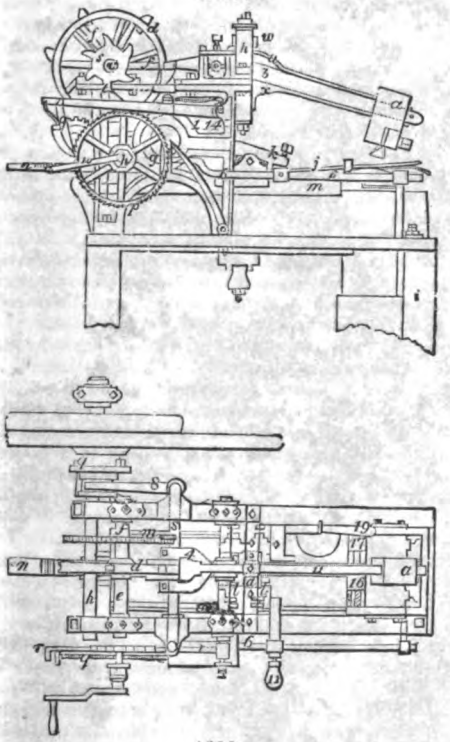
a, est la tête du marteau à tailler placé à l'extrémité du levier *b*, lequel est monté sur un axe *c*, tournant sur ses coussinets placés sur le bâti de la machine ; *d*, est la roue à cames montée sur un autre axe *e*, tournant aussi dans des coussinets posés sur le bâti, et ayant à sa circonférence un nombre déterminé de cames pour appuyer sur la queue *b* du marteau.

La roue *d* reçoit son mouvement de rotation de la roue

Digitized by Google

dentée *f*, montée sur le même axe, et qui engrène avec le pignon *g*, monté sur l'axe principal *h*, lequel est mis en mouvement par une courroie venant d'un premier moteur, ou de toute autre manière. Le support *i*, qui porte la machine, est solidement établi sur une maçonnerie reposant sur une plate-forme convenable. *j*, est

1398.



1399.

une lime non taillée, mais placée pour l'être, et on la voit assujettie au moyen d'une paire de mâchoires *k*, assemblées sur l'axe *l*. Cet axe fait partie du système se mouvant en avant et en arrière le long des bords *m*, *m*, du bâti, au moyen de la crémaillère *n* et de son pignon. Ce dernier est monté sur l'axe de la roue à rochet *p*, laquelle est disposée de manière à tourner par intervalles au moyen du cliquet *q*, placé à l'extrémité du levier *r* (fig. 1399). Ce levier est abaissé après chaque entaille au moyen des dents ou cames de la roue *s*, venant en contact avec le plan incliné *t*, qui porte le levier *r*. La roue à cames *s* est montée à l'extrémité de l'axe *e* de la roue à cames *d*, et tourne par conséquent avec elle; à mesure qu'elle appuie sur le levier *r*, au moment où chacune de ses cames passe sur le plan incliné *t*, le cliquet *q* entraîne la roue à rochet *p*, et par là s'exécute le mouvement en avant de la lime après chaque coup frappé par le marteau.

Il y a un fort ressort *u*, fixé contre la face supérieure du marteau, ayant son extrémité sur un plan incliné d'ajustage *v*, établi dans le bâti *w*, lequel plan incliné peut être élevé ou abaissé à volonté au moyen de ses vis d'ajustement, afin de pouvoir donner au ressort plus ou moins de tension.

Un ressort tout semblable est placé contre la face inférieure du marteau, afin de soulever et de soutenir le ciseau ou le poinçon libre au-dessus de la lime, afin d'empêcher toute vibration ou toute tendance à l'oscillation de la part du ressort *u*, qui pourrait porter le marteau à réitérer le coup.

A mesure que le mouvement du pignon et de la crémaillère fait avancer la partie glissante 6, elle fait mouvoir le levier coudé 8 qui meut une griffe placée sur l'arbre principal qui communique le mouvement du moteur. Cette griffe fait mouvoir un embrayage monté sur cet arbre, de telle sorte, que quand la longueur convenable de la pièce 6 est passée, le mouvement se trouve arrêté, la roue conductrice devenant folle.

La lime taillée peut alors être retirée des crampons et retournée pour être taillée sur l'autre face, ou bien être remplacée par une autre; et après avoir retiré en arrière le cliquet *q* de la roue à rochet *p*; la lime non encore taillée peut être ramenée sous la machine en tournant dans un sens contraire la manivelle fixée à l'axe de la roue à rochet *p*, ce qui fera tourner le pignon et ramènera aussi en arrière la crémaillère *n*, sans déranger aucune autre partie de la machine; et en ramenant en arrière la barre 6, au moyen de la poignée I I, placée sur la pièce d'arrêt; les griffes se trouveront ramenées aussi dans la machine et celle-ci se remettra à tailler la nouvelle lime.

On doit voir que la position de la pièce d'arrêt sur la barre 6, détermine la longueur de la lime sur laquelle les dents seront taillées; et afin que le mouvement de progression, sous le ciseau, se fasse de manière à obtenir différents degrés de finesse ou de grosseur dans les entailles, ce qui dépend de l'intervalle qui sépare les coups de marteaux. Il y a une vis sur le levier *r*, dont la tête s'arrête contre la face inférieure d'une oreille qui fait saillie sur le bâti, et qui par là détermine l'étendue du mouvement du levier; lorsqu'il est pressé par les cames de la roue *s*, agissant sur le plan incliné *t*, et déterminant par conséquent le nombre de dents dont la roue à rochet *p* devra tourner par l'action du cliquet *q*, il suit de là que l'amplitude du mouvement communiqué par la crémaillère au tiroir *l*, ainsi qu'à la lime *j*, se trouve déterminée; ce qui règle la distance que les dents de la lime doivent avoir entre elles, et le moment où le levier *r* est soulevé par le ressort qui agit sur sa face inférieure.

On concevra que la rapidité de chute du marteau, et par conséquent la force du coup, peuvent être réglées en élevant ou en abaissant le plan incliné *v* du ressort *u*; et afin de pouvoir disposer le lit sur lequel la lime repose de manière à correspondre aux différents degrés d'inclinaison qui peuvent résulter de cette élévation et de cet abaissement; on a formé cette partie du lit de la lime, d'une pièce hémisphérique d'acier trempé, laquelle joue librement dans une cavité de même forme pratiquée dans le lit *r*, et peut par conséquent s'ajuster de manière que les limes se présentent convenablement au ciseau, et reçoivent le coup d'une manière égale et uniforme. Ce morceau d'acier pourrait aussi avoir la forme conique et s'adapter librement dans une cavité de forme semblable.

Trempe des limes. C'est la dernière et la plus importante opération de la fabrication des limes.

Trois choses doivent être considérées dans la trempe: la première c'est de préparer la surface de la lime de manière à prévenir l'oxydation par le contact de l'air, lorsque la lime est chauffée au rouge, ce qui aurait pour effet, non seulement d'émousser les dents, mais aussi de rendre toute la surface de la lime tellement raboteuse, qu'en peu de temps toutes les tailles se trouveraient obstruées par les débris de la substance sur laquelle on la ferait agir. Deuxièmement, la chauffe doit être portée à un rouge parfaitement uniforme dans tout le corps de la lime, et l'eau dans laquelle on la trempe doit être récente et froide, afin d'obtenir le degré de dureté convenable. Troisièmement, enfin, la manière d'immerger est d'une grande importance, pour empêcher les limes de se déjeter; ce qui, pour les limes minces et longues, offre beaucoup de difficulté.

Digitized by Google

On atteint le premier but en recouvrant la surface de la lime d'une substance qui, lorsqu'elle est en fusion, forme une espèce de vernis qui garantit le métal de l'action de l'oxygène de l'air. Autrefois, le procédé consistait, en Angleterre, à mettre d'abord à la surface de la lime une première couche de lie de bière, et à recouvrir ensuite celle-ci avec du sel de cuisine réduit en poudre. Lorsque ces matières étaient sèches, on chauffait les limes presqu'au rouge, et on trempait; après cela on brossait légèrement la surface avec de la poussière de coke, ce qui donnait à la lime un aspect blanc et métallique, comme si elle n'avait pas passé au feu. Ce procédé a été récemment perfectionné, du moins, sous le rapport de l'économie du sel, qui, à cause de la quantité qu'il en fallait, était devenu un objet important. Ceux qui ont adopté la méthode perfectionnée dont il est question, ne consomment plus aujourd'hui que le quart environ du sel qu'on employait dans l'ancien système. Le procédé consiste à dissoudre le sel dans l'eau, jusqu'à saturation, ce qui exige à peu près 1 kilogr. de sel pour 3 litres d'eau; et à épaissir la dissolution avec de la lie ou avec de la farine, à bon marché, et d'en mettre jusqu'à ce que le mélange ait acquis la consistance d'une crème épaisse. Il suffit de plonger les limes dans cette substance, on les met ensuite immédiatement à chauffer et on les trempe. La lie, ou la farine, n'ont d'autre but que de donner de la consistance à la masse, et de permettre par là, à une plus grande quantité de sel de se déposer à la surface de la lime. Par ce moyen le sel forme immédiatement une enveloppe solide. Aussitôt que l'eau s'est évaporée, tout le sel entre en fusion et adhère à la surface du métal. Dans l'ancienne méthode, lorsque la couche saline était sèche, elle était si peu adhérente, que la plus grande portion s'en détachait dans le feu, et se sublimait dans la cheminée sans produire aucun effet.

On suppose que la matière charbonneuse de la lie de bière n'est pas sans influence sur la trempe, en se combinant avec l'acier, et en rendant celui-ci plus carboné. Toutefois, l'expérience démontre que le carbone végétal ne se combine pas avec le fer, et avec assez de facilité pour produire un pareil effet, dans un aussi court espace de temps que celui pendant lequel la lime est mise à chauffer pour la trempe. Quelques fabricants de limes sont dans l'habitude de faire usage de charbon de cuir brûlé, lequel produit réellement un certain effet.

Depuis quelque temps les fabricants de limes ont mis à profit les propriétés des prussiates alcalins, de produire une cémentation extrêmement rapide, et de recouvrir la surface du fer même (avec lequel on fait quelquefois des limes communes) d'une couche d'acier qui prend par la trempe une grande dureté. La composition souvent employée est celle-ci : parties égales de lie de bière et de sel marin et un peu de prussiate.

Pour chauffer les limes on fait généralement usage d'une forge. L'ouvrier tient la lime par la queue, avec des tenailles, et on l'introduit dans le feu, composé de petits fragments de coke; on y pousse plus ou moins la lime afin de la chauffer bien régulièrement. On doit l'en retirer souvent pour observer s'il n'y a pas de parties qui chauffent trop. Lorsqu'on voit qu'elle est uniformément chauffée dans toute sa longueur, qu'elle est partout d'un rouge-cerise, elle est bonne à tremper. Aujourd'hui, pour les grosses limes, on fait usage d'un four en briques réfractaires, dans lequel on dirige la tuyère du soufflet; ce four est ouvert par une de ses extrémités pour pouvoir y introduire les limes et le charbon. Près du sommet du four sont deux barres de fer placées en travers sur lesquelles on place des limes pour sécher l'enduit. Dans la trempe des grosses limes une pareille disposition économise considérablement le temps, et permet aussi de chauffer les limes d'une manière plus uniforme dans toute leur longueur.

Lorsque la lime se trouve convenablement chauffée, pour lui donner la trempe la plus dure possible, elle doit être refroidie le plus promptement qu'il se peut. La méthode la plus ordinaire consiste à la plonger dans une eau très froide. Quelques fabricants ont l'habitude de mettre dans leur eau différentes substances, dans le but d'augmenter sa vertu pour la trempe. Une addition d'acide sulfurique à cette eau a été longtemps un grand secret pour la trempe des limes Coutelles : toutefois, à tout bien considérer, on trouvera qu'une eau de source bien pure, exempte de matière animale et végétale, et aussi froide que possible, est encore le meilleur moyen pour obtenir une bonne trempe pour toute espèce de limes.

En plongeant les limes dans l'eau, il y a certaines précautions à prendre. Toutes les limes, excepté les demi-rondes, doivent être immergées verticalement, aussi lentement que possible, de façon que la queue ne soit pas trempée et ne se refroidisse pas. Cette précaution empêche la lime de se déjeter. Les demi-rondes doivent être plongées avec le même ménagement, mais en même temps qu'on les tient perpendiculairement à la surface de l'eau, on doit les faire mouvoir un peu horizontalement dans la direction de la face arrondie, sans cela elles se courberaient en arrière.

Lorsque les limes ont été trempées on les brosse avec de l'eau et de la poussière de coke, et elles acquièrent une surface métallique parfaitement nette. On doit aussi les passer avec soin dans deux et trois eaux pures pour leur enlever tout le sel; pour peu qu'il en restât, la lime serait susceptible de se rouiller. On doit, de plus, les tremper dans de l'eau de chaux, les faire sécher rapidement devant le feu, et tandis qu'elles sont encore chaudes on les recouvre d'une couche d'huile d'olive mêlée à un peu d'huile de térébenthine, et on en fait des paquets pour la vente.

LIN. L'origine de l'emploi du lin remonte à des temps aussi reculés que celui de la laine. Nous pourrons en donner les preuves que nous avons citées en parlant de celle-ci, et ajouter que les étoffes de lin étaient considérées par les anciens comme les plus pures, et par conséquent les plus convenables aux vêtements de la caste sacerdotale.

L'examen des bandelettes qui enveloppaient les momies égyptiennes, et la description détaillée que donne l'Ancien Testament des habits pontificaux, ne peuvent laisser aucun doute sur l'ancienneté de l'usage du lin.

Nous ne pouvons non plus nous empêcher de faire remarquer que plus tard, du temps de *Pline*, déjà on était parvenu à faire servir le lin à des emplois très variés. Si nous l'en croyons, il entrait dans le tissage des toiles à voiles et des toiles les plus légères.

Les passages suivants qui concernent ce sujet sont trop curieux pour que nous ne les reproduisions ici.

« ..... Une autre merveille qui me frappe dans le lin, c'est qu'une plante qui fait la communication réciproque des différentes parties de l'univers, soit produite d'une si petite graine, et qu'elle ait une tige si basse et si mince; encore ne l'emploie-t-on pas lorsqu'elle est dans toute sa force, mais seulement après qu'elle a été bien battue, bien brisée, et rendue par ce moyen douce comme de la laine; c'est après l'avoir ainsi détériorée que l'homme fait avec elle d'aussi audacieuses tentatives.

« Un autre malheur de cette pernicieuse culture, c'est que rien ne croît plus aisément que le lin, et ce qui nous fait voir que cela arrive contre l'intention de la nature, c'est qu'il brûle et amaigrit la terre qu'il occupe. »

On voit que Pline ne considérait ici le lin que comme la matière première propre aux toiles à voiles dont il déplorait l'invention en tant qu'elles servaient à porter des armées, et à faciliter les guerres lointaines et ma-

Digitized by Google

ritimes; mais il est remarquable de voir dans le même paragraphe que de son temps les préparations premières de lin étaient ce qu'elles sont encore généralement aujourd'hui et qu'on y faisait déjà les objections qu'on leur oppose encore.

Dans le même livre, Pline parle des tissus légers en disant :

« La première personne qui trouva la manière de filer ces toiles natives pour en composer de nouveaux tissus fut Pamphile de Céos, fille de Latoüs; car le moyen de passer sous silence le nom de l'inventrice d'un habillement qui montre une femme à nu sous prétexte de la vêtir (1). »

L'industrie mécanique du lin est cependant la plus récente parmi celles qui ont les matières textiles pour bases; sa création a coûté de nombreux sacrifices et de grands efforts. Il a fallu, comme on sait, le génie de l'empereur pour la provoquer, et le talent, l'énergie et la persévérance de Philippe de Girard pour la réaliser (2).

L'étonnante aptitude mécanique des Anglais était restée impuissante devant la solution de ce problème, et quoiqu'ils aient été réduits à nous emprunter l'invention de De Girard, leur dévorante activité nous a bientôt laissés en arrière par l'importance qu'ils ont su tirer de notre découverte; nous leur avons donc rendu en partie, pour le lin, ce que nous leur avons pris pour le coton, avec cette différence que nous ne cherchons pas à nous attribuer ce que nous leur devons.

La gloire d'avoir donné naissance à l'industrie mécanique du lin, telle qu'elle existe aujourd'hui, devrait cependant provoquer moins de débats; car si les machines qu'elle emploie offrent d'admirables et ingénieuses combinaisons, elles sont loin encore de produire les résultats satisfaisants qu'on est en droit d'espérer, et que l'industrie du coton, elle, a si promptement réalisés.

La lenteur des progrès dans l'industrie du lin doit fixer l'attention; on ne comprend que difficilement comment une matière, dont les brins peuvent se diviser à l'infini pour donner naissance à des fibrilles longues, minces, droites, solides, soyeuses et élastiques, est aussi rebelle lorsqu'il s'agit de la transformer mécaniquement en fil, c'est-à-dire continuer à faire pour ainsi dire ce que la nature a si bien commencé, et d'imiter ce que font avec tant de perfection les modestes ménagères de nos campagnes (3).

Le laborieux enfantement de la filature mécanique du lin offre un contraste remarquable, si on le compare aux progrès rapides de celle du coton qui s'est développée presque tout à coup et qui a grandi comme par enchantement. Peut-être même le progrès phénoménal de celle-ci n'a-t-il pas été complétement étranger aux difficultés éprouvées par la première. L'idée d'employer indistinctement les mêmes machines pour des matières qui après un examen peu approfondi paraissent présenter assez d'analogie, a dû venir naturellement à l'esprit des premiers inventeurs; et ils n'ont été détrompés dans leurs tentatives qu'après d'infructueux efforts, qui leur eussent été probablement épargnés, si la science technologique avait été plus avancée, et les caractères des matières premières mieux définis.

Les progrès successifs de cette industrie, de récentes et importantes améliorations qu'on vient d'y introduire, et que nous aurons l'occasion de signaler dans cet article, viendront à l'appui de ces considérations.

Quoique l'industrie dont nous nous occupons ne produise pas encore les résultats qu'on peut attendre pour l'avenir, comme nous venons de le dire, elle est cependant assez avancée déjà pour menacer sérieusement celle qui se pratique depuis si longtemps manuellement dans nos campagnes et qui leur est d'une si grande ressource.

Il eût été certes difficile naguère de faire comprendre à cette intéressante industrie qu'elle allait être envahie de toutes parts par une rivale formidable. Car, non seulement les tissus de coton allaient faire concurrence aux toiles de ménage qui ont une durée presque séculaire, mais aussi l'on ne devait pas manquer de substituer bientôt au travail manuel usité depuis si longtemps pour le lin, le travail mécanique qui avait si prodigieusement réussi pour la filature du coton. Cependant la réalisation de ces prévisions s'est faite si subitement que la modeste industrie domestique comprend qu'une lutte plus longue serait folie. Comment en effet des travailleurs isolés, se servant de moyens imparfaits, pourraient-ils supporter la concurrence de l'industrie mécanique ayant à sa disposition les ressources de la science et du capital?

Quoiqu'il ne nous soit malheureusement pas donné d'indiquer un remède à cette pénible situation de la vieille et patriarcale industrie du lin et du chanvre, nous avons cependant cru devoir lui accorder quelques mots pour lui témoigner notre sympathie et pour faire comprendre que nous n'aurons désormais à nous occuper que de sa jeune et heureuse rivale la filature mécanique.

Le lin ou *linum* appartient à la famille des *caryophyllées*. Les botanistes en considèrent un très grand nombre d'espèces, mais nous ne mentionnerons que l'espèce ordinaire, le *linum usitatissimum*, en usage dans les arts mécaniques. C'est une plante annuelle originaire du grand plateau de la haute Asie; elle croît et se propage par la culture, dans les champs et les jardins; sa racine est assez menue, peu fibreuse; sa tige est ordinairement simple, et varie de 0m,70 à 1 mètre de hauteur et quelquefois plus; elle est creuse, grêle, branchue vers le sommet; cette tige est formée d'une série de tubes musculaires réunis entre eux par une matière gommo-résineuse et enveloppés d'une espèce d'écorce extérieure qui durcit pendant la végétation et qu'on désigne sous le nom de *chènevotte*.

Le lin est cultivé dans presque toutes les parties de la France, mais plus particulièrement dans les départements du Nord qui produisent le plus estimé; la réputation des lins de la Flandre et de la Belgique est également connue.

Le lin se sème à deux époques, en mars et en mai, et se récolte vers la fin de juillet et la fin d'août; celui semé en mars est préféré.

Cette plante a deux objets d'utilité, comme on sait; la graine fournit une huile estimée et sert à une infinité de préparations pharmaceutiques; c'est avec sa tige convenablement préparée qu'on produit des toiles, des batistes, des dentelles et du papier.

Nous n'aurons à nous occuper dans cet article que de la production des fils employés à cet état, ou à la confection des différents tissus.

L'industrie du lin donne naissance à des fils capables de produire depuis les toiles communes à 1 fr. le mètre jusqu'à nos magnifiques batistes françaises qui ne connaissent pas de rivales à l'étranger, et dont le prix peut s'élever à 20 francs et au-delà par mètre. On lui doit aussi les fils si estimés pour la plus riche dentelle dont la finesse étirée à la main va jusqu'à 200 kilom. ou 50 lieues métriques par kilogr.

Cette grande différence de prix tient à la qualité de la matière première, comme au travail soigné de sa transformation; il est donc nécessaire de pouvoir constater les caractères principaux de cette matière première et de pouvoir les classer suivant les qualités.

Les qualités provenant de la nature de la matière

(1) Pline, livre XIe.

(2) Nous nous empressons de dire que cette mention de Philippe de Girard était écrite avant sa mort; tout le monde comprendra le but de cette remarque.

(3) On sait que la filature mécanique n'a pu produire encore les magnifiques fils dont on se sert pour la batiste et les dentelles, qui sont exclusivement produits à la main.

Digitized by Google

première dépendent des conditions atmosphériques du terroir plus ou moins propice et de la culture bien entendue.

Le choix du terroir et le meilleur mode de culture qui dépendent seuls de l'art ont occasionné de longues recherches et de nombreuses observations. On est généralement d'accord que les terres les plus favorables à la culture du lin sont les terres glaises, profondes, fermes, un peu humides, labourées comme il convient.

Les terres gravelenses et légères donnent en vérité du lin plus fin, mais en plus petite quantité, et d'une moins grande hauteur, et la graine dégénère la deuxième année.

Les Hollandais, dont la vieille réputation comme producteurs des plus belles toiles est si méritée, sont dès longtemps fixés sur ce point. Aussi n'est-ce pas de leur terroir léger et sablonneux qu'ils retirent le lin de leurs toiles les plus estimées, mais bien des terres glaises, lourdes, fermes et humides de la Zélande.

La culture du lin appauvrissant le sol qui le produit, comme l'avait déjà fait remarquer *Pline*, il est bon de ne pas le cultiver deux années de suite dans la même terre, mais d'alterner la culture.

Le lin brut, considéré tel qu'on le détache de la tige qu'il compose, se présente en filaments plus ou moins longs, forts, nerveux, souples, doux au toucher et nuancés suivant les terrains qui l'ont produit.

Les lins sont classés suivant leur couleur, en *lin blanc*, *lin gris*, et suivant leur grosseur en *lin têtard*, *lin grand*, *lin moyen* et *lin de fin*.

Le *lin blanc* est généralement le plus estimé et est d'autant meilleur que sa nuance se rapproche plus du blanc argenté; cette variété comprend les nuances jaunes blondes.

Les grands lins dits ramés, que l'on cultive dans le Nord et la Flandre, appartiennent à cette classe; ces lins sont souples, doux et nerveux.

Le *lin gris*, qui vient ensuite, comprend les différentes nuances de gris depuis la plus foncée jusqu'au gris le plus argenté; ce lin est plus souple, plus soyeux et plus fin, mais moins nerveux que le précédent.

Ce sont encore les départements du nord, de la Belgique, qui produisent le plus communément cette variété.

Le *lin de fin* est composé du premier choix fait dans le lin ramé, on réunit les brins les plus blancs, les plus longs et les plus fins; il compose par conséquent la classe la plus parfaite.

Le *lin moyen* est le second choix parmi les lins ramés et première qualité de lin gris; cette sorte blanche ou grise s'emploie encore pour les beaux fils.

Le *lin têtard* est la dernière qualité composée de lins gris et blancs; s'emploie pour les toiles communes.

L'odeur des lins est un caractère essentiel pour constater qu'ils sont dans un bon état de conservation. Il faut que cette odeur soit franche, sans indiquer d'échauffure ni de moisissure.

Les lins sont classés suivant leur qualité par des numéros d'ordre ou par des lettres alphabétiques, donnant aux lins les moins estimés la lettre A ou le n° 1 et en continuant de donner le n° 2 ou la lettre B à la qualité supérieure et ainsi de suite.

Travail mécanique du lin. Les opérations que l'on fait subir au lin depuis la récolte jusqu'après la transformation en fil peuvent se distinguer en deux classes, en *préparations agricoles* qui se pratiquent presque toujours sur les lieux de la récolte, et en *opérations manufacturières* qui ne se font que dans les usines qui doivent produire le fil.

Les préparations agricoles comprennent :

1° Le rouissage;
2° Le macquage ou broyage.

Les opérations manufacturières se composent :

1° Du peignage du long brin;
2° Du cardage des étoupes;
3° De l'étalage;
4° De l'étirage et laminage;
5° Du filage en gros ou préparations;
6° Du filage en fin;
7° Du dévidage et numérotage du fil.

Le peignage, classé ici dans les opérations purement mécaniques des usines, se fait souvent encore à la main et au dehors sur les lieux de la récolte; mais comme il commence à être exécuté en grande partie mécaniquement, nous l'avons rangé dans les travaux de l'usine.

Dans tout ce que nous avons dit, nous n'avons pas parlé du *chanvre*, que nous pouvons considérer sous le rapport de ses transformations mécaniques, comme du lin commun dont les fibres n'auront besoin que d'être ramollies pour pouvoir être traitées ensuite absolument par les procédés employés pour le lin.

Nous allons décrire successivement chacune des opérations dans l'ordre de son exécution.

Du *rouissage*. On a vu que le lin est formé d'une série de tubes réunis intimement entre eux par une matière gommo-résineuse; nous avons dit également que la partie extérieure ou espèce d'écorce qui durcit pendant la végétation, avait reçu le nom de *chènevotte*.

On donne le nom de *filasse* aux fibres interstinaux lorsqu'ils se présentent souples et déliés, débarrassés de la matière gommo-résineuse qui les réunit et de la partie solide qui les enveloppe.

Le rouissage a pour but de dissoudre la partie gommo-résineuse, et de détacher les fibres centrales de la tige qui doit former la filasse de l'écorce, afin de faciliter leur séparation qui a lieu par le travail subséquent du macquage ou broyage.

Le rouissage s'opère par l'exposition du lin ou du chanvre, pendant un temps qui varie suivant la différence de température et la nature de la matière, à l'action d'une eau courante ou stagnante, jusqu'à ce que la chènevotte se détache de la filasse.

Avant d'être mis à rouir, le lin doit être trié, d'après la longueur, la grosseur et les qualités de sa tige et d'après son état de maturité; plus la plante est mûre, plus le rouissage doit durer. Le séjour dans l'eau d'une matière végétale en présence d'une substance gommeuse sous l'influence d'une température convenable, provoque une certaine fermentation qui fait dissoudre la matière gommeuse et fait fendiller la chènevotte dans tous les sens. Ces effets se manifestent bientôt par la teinte jaunâtre et la limpidité de l'eau qui est altérée.

La température ayant de l'influence sur toutes les réactions analogues à celles du rouissage, on conçoit que sa durée varie avec son élévation; 5 à 8 jours sont moyennement nécessaires pour que l'effet ait lieu dans de l'eau stagnante.

Les conditions dans lesquelles cette opération s'exécute rendent la réussite parfaite assez difficile et réclament une attention intelligente de la part du praticien.

En effet, la matière à rouir est immergée par couches superposées; on conçoit que les premières couches du fond sont plus chargées et moins exposées à la température extérieure, sont plus longtemps à rouir et ne le sont ordinairement pas à point lorsque les couches supérieures commencent déjà à s'altérer par un rouissage poussé trop loin; cette opération présentant les caractères de la putréfaction des substances organiques peut non seulement énerver et affaiblir la matière textile lorsqu'elle n'est pas arrêtée à point, mais offre aussi des inconvénients graves pour l'économie animale, car maintenu même dans les limites convenables le rouissage répand une odeur infecte et nuisible, et on admet généralement que les eaux dans lesquelles il a eu lieu altèrent la santé des bestiaux et font mourir le poisson. *Parent-Duchâtelet*, seul parmi les hommes compétents, a cherché à démontrer l'innocuité du rouissage par

Digitized by Google

des expériences qu'il a faites sur lui-même et sur sa famille avec des eaux ayant servi au rouissage.

Nous ne pouvons avoir la prétention de décider une question aussi délicate, nous pensons seulement que les populations qui habitent les environs des routoires doivent par prudence se défier des émanations qui s'en dégagent jusqu'à ce que les résultats et les expériences de M. Parent-Duchâtelet soient confirmées ou jusqu'à ce qu'on soit certain d'un mode de rouissage innocent et sûr.

Les quelques considérations qui précèdent peuvent faire comprendre ce que cette question du rouissage a d'important, et qu'on ait cherché dès longtemps à remédier aux différents inconvénients que présente le rouissage par immersion; bien des tentatives ont été faites pour le supprimer; on a proposé les différentes modifications suivantes :

L'action de l'eau froide ou chaude tombant d'une certaine hauteur;

Celle de la vapeur à diverses pressions, l'enfouissement des tiges;

La mise en tas et l'arrosage des tiges, en aidant l'opération au besoin par une addition de ferment;

Le traitement des tiges soit à froid, soit à une certaine température par de la chaux délayée dans de l'eau;

L'emploi des dissolutions alcalines caustiques ou carbonatées ou celui d'une dissolution de savon vert chauffée de 90 à 94 degrés;

Enfin la substitution d'une préparation mécanique à l'action chimique qui a lieu dans les phénomènes du rouissage.

Aucun de ces procédés n'a été adopté jusqu'ici par la pratique; quelques-uns même n'ont probablement pas été expérimentés; plusieurs l'ont été sans doute d'une manière imparfaite et sans y donner toute l'attention suivie nécessaire à une semblable application, qui, à notre avis, présente plutôt des difficultés rurales et pratiques que des difficultés scientifiques; rien ne nous paraît plus certain, en effet, que la possibilité de parvenir à faire rouir convenablement et à point une certaine quantité de lin ou de chanvre confiée au chimiste dans son laboratoire, ou même à un mécanicien habile qui, pour une fois, arrivera par des préparations mécaniques convenablement entendues à se passer de l'opération préliminaire du rouissage (1).

Mais là n'est pas la question; il s'agit de trouver un moyen très économique d'une application excessivement simple, et pouvant se faire en petit, à la portée des habitants de la campagne, ne leur présentant pas plus de difficultés que ne leur en apporte l'emploi des instruments ou des procédés ordinaires dont ils ont l'habitude de se servir; car il est important que le rouissage se pratique sur place, afin de n'avoir pas à transporter inutilement le poids assez considérable de la chènevotte.

M. Rouchon a proposé un nouveau procédé de rouissage qui remplirait toutes les conditions désirables, d'après la déclaration faite par une commission de savants et de praticiens distingués, qui ont expérimenté le procédé au mois de décembre 1842 (2), dans un local de l'Ecole polytechnique.

Ce procédé consiste à faire rouir le chanvre et le lin dans une quantité d'eau très légèrement acidulée.

L'opération peut se faire, soit en plein air, soit dans une écurie, sous un hangar ou tout autre endroit, en toute saison; il est seulement bien, quand on opère en plein air, de couvrir le chanvre ou le lin avec des feuilles, de l'herbe ou de la paille, de manière à éviter la trop prompte dessiccation des couches supérieures. Pour opérer, on procède de la manière suivante :

Il faut avoir une auge, une caisse ou un récipient quelconque en bois, d'une dimension telle que l'on puisse facilement y plonger une ou plusieurs bottes de chanvre à la fois. Dans ce récipient, on verse l'eau, et on ajoute à cette eau de l'acide sulfurique du commerce, dans la proportion de 1 kilogramme d'acide pour 200 litres d'eau quand il s'agit du chanvre, et 400 litres lorsqu'il s'agit du lin, et on agite le tout fortement (1).

La liqueur doit être telle, qu'une petite quantité mise dans la bouche agace seulement les dents.

On plonge successivement les bottes, une ou plusieurs à la fois, dans le bain ci-dessus indiqué, en ayant soin, avant l'immersion, d'agiter de nouveau la masse du liquide pour que le mélange de l'acide avec l'eau soit bien intime.

Les bottes doivent être complétement submergées, de manière que le liquide les pénètre dans toutes leurs parties; puis on les retire et on les replace en pile. Pour rendre plus uniforme l'action de l'acide, il est bon à chaque fois que l'on immerge le chanvre de changer la position relative des bottes, en mettant dessus celles qui étaient dessous, *et vice versâ*.

Cinq ou six heures après, on arrose avec de l'eau ordinaire; le lendemain matin, on donne une nouvelle immersion dans le bain acidulé, de la manière ci-dessus expliquée, et le soir on arrose. On continue chaque jour les mêmes immersions et arrosages, dans le même ordre, jusqu'au parfait rouissage.

On cesse alors les immersions dans l'eau acidulée; mais on arrose copieusement avec de l'eau ordinaire pour laver la plante et arrêter l'effet de l'acide; ce qui peut aussi se faire en donnant une immersion dans une lessive alcaline; mais à la suite de cette lessive, il faut arroser avec de l'eau ordinaire pour laver les tiges.

L'eau de lessive se fait indifféremment avec des cendres ou une très faible dissolution de soude ou de potasse du commerce; elle peut servir tant qu'elle conserve une saveur urineuse.

Quand, dans le cours des opérations, le bain acidulé a diminué de volume, de manière à ce qu'on ne puisse plus facilement y immerger les bottes de chanvre, on ajoute, dans l'auge, une nouvelle quantité de liqueur préparée, comme il a été dit précédemment, et suffisante pour que l'immersion puisse toujours avoir lieu convenablement.

On peut prendre indistinctement pour les opérations du rouissage les eaux de pluie, de fontaine, de puits ou de mare, quand même elles seraient troubles.

Il est bon de placer sous les piles de chanvre des morceaux de bois, de manière à éviter le contact des bottes avec l'humidité du sol. Le rouissage terminé, on fait sécher et on macque par les moyens ordinaires.

Un homme et un enfant suffisent pour faire rouir 8,000 kilogrammes par jour.

Dès que le rouissage est arrivé à point, on fait sécher les tiges au soleil, ou dans un jour après la cuisson du pain; puis on procède au broyage ou macquage.

Macquage ou *broyage*. L'opération, qui consiste à

(1) Il est bon de faire remarquer que l'opération mécanique paraît en tous cas impropre à enlever la matière gommeuse qui adhère si intimement aux fibres; elle parvient quelquefois à la faire disparaître momentanément par une espèce de broyage qui la confond avec les fibres végétales et paraît donner un rendement de filasse et de fil supérieur, résultat ordinaire; mais bientôt le blanchiment et le lessivage des toiles font disparaître la matière étrangère, et le poids et la force de la toile diminuent; elle représente les caractères d'une toile creuse et molle.

(2) Ce procédé est exploité maintenant par MM. Bisson et Pradet de Saint-Charles.

(1) La pesanteur spécifique de l'acide étant plus forte que celle de l'eau, il tend à se précipiter au fond du vase; il est donc essentiel de bien agiter, pour que le mélange soit homogène.

On doit, pour faire ce mélange, user spécialement de vases et objets en bois, les pierres et la plupart des métaux étant attaquables par l'acide.

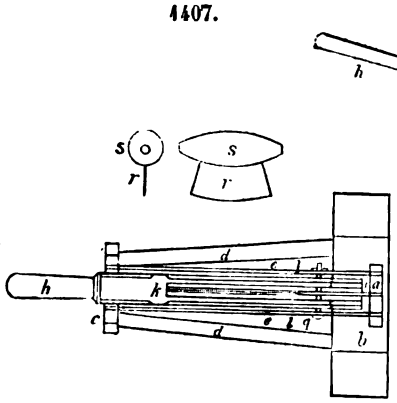
Digitized by Google

briser le brin pour le séparer de ses fibres, s'appelle *macquer*, *broyer* ou *tiller*, et l'instrument dont on se sert pour cela porte le nom de macque ou de *broie*.

Afin de donner au brin un plus grand degré de fragilité et de le rendre par là plus facile à se séparer de ses filaments, le lin doit être mis à sécher au soleil, ou, ce qui est encore mieux, dans une étuve, si l'on se trouve vers la fin de l'année. C'est pourquoi il y a souvent une de ces étuves réunie aux fours des boulangers en Allemagne, et dans les autres contrées où l'on cultive le lin. La température de ces étuves ne doit jamais dépasser 48 degrés. Une chaleur plus élevée rend le lin cassant facile à se mettre en charpie, et lui fait produire beaucoup d'étoupes. Avant de soumettre le lin à l'action de la broie, on doit en bien égaliser les tiges, les mettre bien parallèles entre elles, ce qui se fait à la main, et tout ce qui se trouve entremêlé doit être redressé avec un peigne grossier.

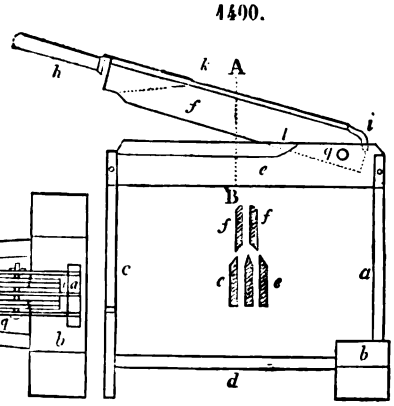
La broie est un instrument construit presque partout de la même manière; elle se compose de deux parties principales, du châssis ou fourreau et d'une mâchoire mobile. Dans les broies les plus simples, le châssis *e* (fig. 1400) est une pièce de bois divisée par le milieu, dans le sens de sa longueur, et supportée par les montants *a* et *c*. La mâchoire *f* est aussi en bois dur; elle est façonnée dans sa partie inférieure sous forme de tranchant, et elle tourne autour d'un axe de rotation placé en *q*. On la saisit par le manche *h*, et on la fait mouvoir de bas en haut. Lorsqu'elle descend, elle entre

1407.



1402.

1400.



1401.

dans la fente du châssis, et elle y brise la chénevotte de lin qu'on y a placée transversalement, et dont elle disperse les débris.

Il y a des broies qui sont pourvues d'une double fente ou d'un triple rang de longues dents ou mâchoires fixes, et de deux mâchoires mobiles; elles offrent plus d'avantage que les broies simples.

On comprendra cette construction, en jetant les yeux sur les figures 1400, 1401 et 1402. La figure 1400 offre la section d'une broie vue de côté où se place l'ouvrier. La figure 1401 en est une coupe dans le sens de la longueur, et la figure 1402 en est le plan géométral. Toute la machine est construite en bois dur, ordinairement en bois de hêtre rouge. Deux planches *a* et *c* forment les deux jambages de l'appareil *a* et *b* emmortaisés dans un bloc assez lourd pour donner de la stabilité à l'instrument.

Deux traverses *d* assujettissent solidement ensemble *a* et *c*. Le châssis *e* consiste en trois planches minces, qui sont placées de champ, et sont fixées par leurs extrémités dans *a* et *c*. La mâchoire *f* est une pièce de bois cannelée de *l* en *k*, de manière à présenter la forme d'une fourche et à embrasser la pièce du milieu du châssis; elle a pour centre de mouvement la cheville de bois *q*. Sur le devant, on voit le manche *h* que l'ouvrier saisit de sa main droite; les joues, tant du châssis que de la mâchoire, sont affilées depuis *l* jusqu'à leur extrémité antérieure, ainsi qu'on le voit dans la figure 1401. Toutefois les taillants ne doivent pas être trop aigus, afin de ne pas endommager le lin, et, pour la même raison, la mâchoire ne doit pas pénétrer trop avant dans les joues du châssis.

Des broies ainsi faites sont pénibles à manier, et souvent elles arrachent les filaments et les mettent en étoupes. L'ouvrier ou plutôt l'ouvrière, car c'est généralement une femme, quand elle est occupée à ce travail, saisit de sa main gauche une poignée de lin; elle la place transversalement sur le châssis, et la frappe vivement à coups répétés avec la mâchoire, en passant continuellement de nouvelles portions de sa poignée de lin sous la machine; elle commence du côté des racines; elle retourne immédiatement les bouts, et elle continue selon la longueur des tiges. Le lin passe très souvent deux fois sous la broie, et on le fait sécher à l'étuve entre les deux opérations.

Les machines à broyer sont un moyen de nettoyer le lin de beaucoup préférable aux instruments à la main dont nous avons parlé. La partie essentielle d'une pareille machine consiste en cylindres de bois ou de fer cannelés profondément, dont les saillies de l'un entrent dans les creux de l'autre. Ces cannelures étalent entre elles les filaments du lin, et elles en brisent le brin, sans faire supporter à la fibre ces efforts qu'on est exposé à lui faire subir avec les broies à la main. La machine suivante peut être regardée comme une des meilleures qui aient été inventées et employées en Angleterre jusqu'à présent pour le broyage du lin.

La fig. 1403 la présente vue du côté droit; la fig. 1404 en est une vue prise par derrière; c'est par là que le lin broyé sort d'entre les cylindres. Le châssis est formé des deux montants latéraux *a*, *a*, qui sont emmortaisés dans la base *bb*, et qui y sont parfaitement consolidés par des chevilles.

Deux traverses *a*, *a*, raffermissent la base, deux autres *a'*, *a'*, consolident les montants sur chacun de ces derniers; on a emmortaisé un bras latéral *e* dans une direction oblique. Une barre traversière réunit les deux bras l'un à l'autre. La figure 1405 montre l'intérieur du côté gauche du châssis, avec ses parties subsidiaires.

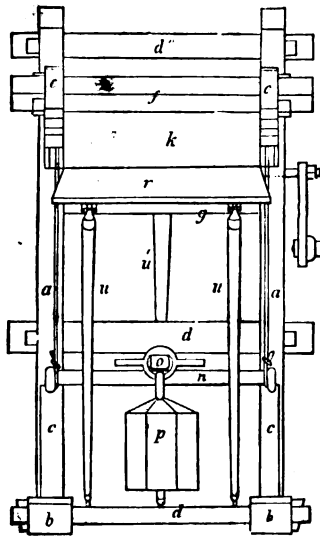
Les trois cylindres *g*, *i*, *k*, peuvent être en bois de hêtre rouge, avec des goujons de fer, et cannelés dans le sens de leur longueur, chacune des cannelures ayant 0m,015 de largeur et 0m,008 de profondeur.

Le grand cylindre *g* porte sur son côté droit une manivelle *h*, laquelle en tournant met la machine en mouvement.

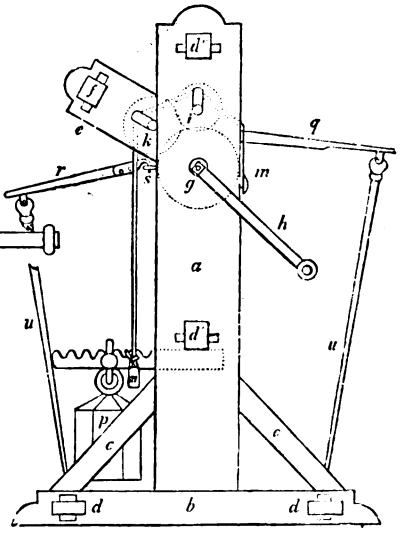
Les cloisons latérales *a*, *a*, sont garnies de pièces de cuivre, dans lesquelles sont pratiqués les trois ronds *l*, *g* (fig. 1405), où tournent les tourillons *g* en *a* et en *e*. On a pratiqué et garni de cuivre des coussinets destinés à recevoir les extrémités des deux petits rouleaux, ainsi qu'on peut le voir dans la figure 1405. En dedans de la cloison *a* se trouvent des pièces de cuivre mobiles *l* pour les pivots de *i* et de *k*, qu'on voit dans la figure 1403. Chaque pièce de cuivre glisse dans

Digitized by Google

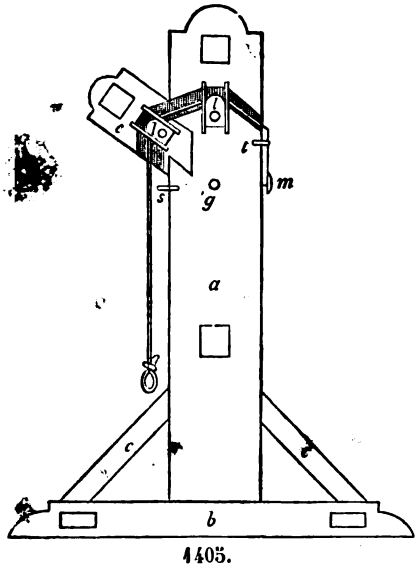
une rainure entre deux rebords. Une forte corde, arrêtée en *m* sur la cloison *a*, passe sur la pièce de cuivre de *i*, ensuite sur celle de *k*, d'où elle descend perpendiculairement, et vient passer au-dessus de la barre *n*



1404.



1403.



1405.

(fig. 1403 et 1404). La même disposition se trouvant répétée aux deux extrémités des cylindres, la barre *n* tend les deux cordes. Contre la traverse d'un châssis se trouve appliqué un levier *o*, qui s'appuie sur la barre *n*, et qui porte un poids *p*, selon que ce poids se trouve suspendu plus loin ou plus près de l'extrémité du levier. Il tend plus ou moins la corde, et fait presser, au moyen des pièces de cuivre *l*, les cylindres *i*, *k* contre le principal cylindre *g*; une table *g* sert à étaler le lin qui doit passer entre les cylindres, et une deuxième *r* sert à le recevoir, quand il en sort après avoir été broyé. Les deux tables sont suspendues au moyen de crochets de fer aux anneaux du châssis *s*, *t* (fig. 1403 et 1405), et elles sont supportées par des pieds mobiles *u*, *u*, *u* (fig. 1403 et 1404). En faisant marcher la machine, l'ouvrier met sur la table *q* une poignée de tiges de lin également étalées; il les introduit de la main gauche, par leurs racines, entre les cylindres *g* et *i*, tandis que de sa main droite il tourne la manivelle. Les chénevottes sont d'abord écrasées entre *g* et *i*, ensuite entre *g* et *k*, et viennent sortir sur la table *r*.

Il fait mouvoir la manivelle alternativement en avant et en arrière, afin que le lin puisse être cylindré alternativement dans les deux sens, et afin qu'il soit par là mieux broyé.

La chénevotte, ainsi broyée, tombe par fragments extrêmement ténus, et la filasse reste aplatie en bandes parallèles. On la fait passer ainsi entre les pointes d'un peigne, puis on la laisse pendant une couple de jours dans une cave pour lui laisser absorber un peu d'humidité; ensuite on la fait passer de nouveau par la machine qui donne alors au lin un moelleux particulier.

Voici les avantages qu'on fait valoir en faveur de l'emploi de cette machine à broyer:

Elle exige peu de place, et elle est d'une simplicité telle, qu'elle peut être construite facilement et à bon marché; elle n'exige pas plus de force pour la faire fonctionner, qu'une broie ordinaire à la main; elle n'arrache aucun filament et n'écrase autre chose que la chénevotte, par la raison que les cannelures des cylindres pénètrent beaucoup moins profondément l'une dans l'autre que les mâchoires.

Elle prévient toute espèce d'embrouillement de la filasse, d'où il résulte que, quand ensuite on la sérance, il y a moins de fibres courtes et moins d'étoupes.

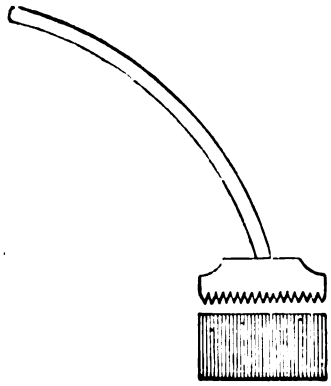
Elle permet de nettoyer le lin, même le plus court, ce qui ne peut jamais se faire convenablement avec les broies à la main.

L'écrasement de la chénevotte qui est l'objet du macquage peut toutefois se faire aussi par le battage; quoique, par ce procédé, la séparation du ligneux et des fibres textiles s'opère d'une manière beaucoup moins complète. En Angleterre, au lieu de broyer à la macque, il est d'usage d'employer un maillet de bois et une pierre unie, entre lesquels on place le lin.

Dans la Belgique, où le travail du lin a été un objet d'étude, on n'emploie pas non plus la macque, mais on bat le lin avec une espèce de battoir, appelé *bott-hammer* (marteau à battre), qui donne au lin, dit-on, une qualité supérieure.

Digitized by Google

Le *bott-hammer* (fig. 1406) est un bloc de bois, offrant à sa surface inférieure des cannelures de 0m,01 à 0m,012 de profondeur, et est fixé à un long manche en bois courbé. Quand on veut en faire usage, on étale par



1406.

terre également une botte de tiges de lin sèches. On la bat fortement avec le battoir, en commençant par les racines, puis en frappant sur les extrémités opposées, et en finissant par le milieu.

Lorsque la surface supérieure de la botte a été ainsi bien battue, on la retourne sens dessus-dessous, et on en fait autant de ce côté ; on relève alors le lin et on le secoue fortement pour le débarrasser de ses parties ligneuses.

Que l'on opère avec la broie ou avec le battoir, ces parties ligneuses ne se séparent jamais entièrement des fibres textiles ; il y reste toujours adhérents des brins de paille, qu'il faut en séparer par une autre opération. Celle-ci consiste soit à racler, soit à espader la filasse. Le raclage est fort employé en Westphalie et dans les districts voisins. Dans ce procédé, l'ouvrière place sur un de ses genoux le tablier destiné à cet usage ; lequel repose sur un morceau de cuir de 0,30 carré, puis elle saisit de la main gauche, par le milieu, une poignée de lin, qu'elle ratisse fortement avec la racloire, espèce de couteau qu'elle tient de la main droite (fig. 1407).

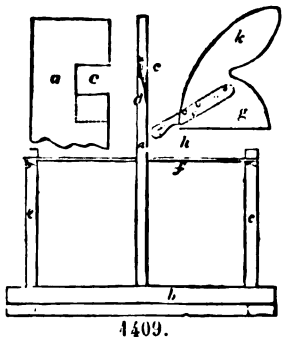
Cet instrument, qui consiste en une lame de fer *r*, garnie d'un manche de bois *s*, et dont le taillant est obtus et un peu recourbé, nettoie et divise admirablement les brins sans occasionner le moindre déchet inutile, pourvu que la chènevotte ait été également bien brisée.

L'opération qui consiste à espader la filasse a le même but que le raclage, elle est même beaucoup plus généralement adoptée que ce dernier. Deux pièces bien distinctes en constituent l'appareil : ce sont le support ou chevalet, et l'espade. Le premier consiste en une planche debout, avec une large entaille sur le côté, dans laquelle on passe une poignée de filasse, de manière à la tenir suspendue sur la moitié de la surface antérieure de la planche. Tandis que de la main gauche on tient la poignée de filasse fermement fixée par le haut, la main droite tient l'espade, espèce de sabre de bois, de 0m,40 à 0m,60 de long, dont le bord convexe est aminci, sous forme taillante, et qui est garni d'une poignée ; avec cet instrument, on frappe sur la filasse, parallèlement à la surface du support, en donnant des coups verticalement, de manière à racler et à enlever toutes les aspérités ligneuses. La largeur de l'espade est un point important de sa construction ; si elle est trop étroite, elle est cause que le lin s'entortille autour d'elle ; et alors, une partie des fibres se trouvent arrachées. On a trouvé que la largeur la plus convenable à lui donner, était celle de 0m,20 à 0m,25.

Des espades en fer ne pourraient servir à cet emploi, elles briseraient les filaments.

Les fig. 1408 et 1409 montrent la meilleure disposition à donner au chevalet à espader.

1408. 1410.



1409.

La planche *a* s'appuie sur un bloc de bois pesant *b*, qui lui sert de base, et dans lequel sont fixés deux bâtons debout. La corde tendue d'un bâton à l'autre sert à régler les mouvements de l'espade, et empêche que l'ouvrier ne se blesse les pieds. Le bord inférieur de l'entaille *c*, sur lequel la poignée de filasse est maintenue et appuyée, est scié obliquement et arrondi (voyez *d*, fig. 1409).

On voit par là que l'espade ne peut jamais frapper contre le bord de manière à y couper le lin.

La fig. 1410 montre la forme d'un instrument fort convenable qu'on emploie en Belgique au lieu d'espade. C'est une espèce de hachoir en bois qui n'a pas plus de 6 à 7 millimètres d'épaisseur, et qui, sur le bord *g h*, est réduit à l'épaisseur du dos d'un couteau.

La partie *k*, sert à donner de la force aux coups que l'on frappe et maintient l'instrument dans une position droite.

Le manche court et posé de plat *i*, est collé du côté de la planchette qui regarde en dehors du chevalet à espader, et il y est de plus assujetti au moyen de chevilles de bois.

Le raclage et l'espadage enlèvent la plus grossière étoupe, en séparant et en abattant les fibres les plus courtes, et celles qui viennent à se casser. Cette étoupe sert à faire les sacs de qualité inférieure, car elle est mêlée avec beaucoup de fibres ligneuses.

Nous pouvons admettre, en général, que 100 kilogr. de tiges de lin rouies et séchées, rendent de 45 à 48 kilogrammes de lin broyé ; lesquels, après l'espadage ou un léger taillage, donnent à peu près 24 kilogr. de lin et 9 ou 10 kilogr. de brins d'étoupes, tout le reste n'est que paille et débris.

Le broyage de 100 kilogr. de tiges par la routine ordinaire d'un double broie à la main, exige environ 40 heures, et avec la machine que nous avons décrite, il faut de 30 à 36 heures pour tailler 100 kilogr. de lin broyé et nettoyé ; il ne faut pas moins de 260 heures de travail d'après la manière d'espader des Allemands.

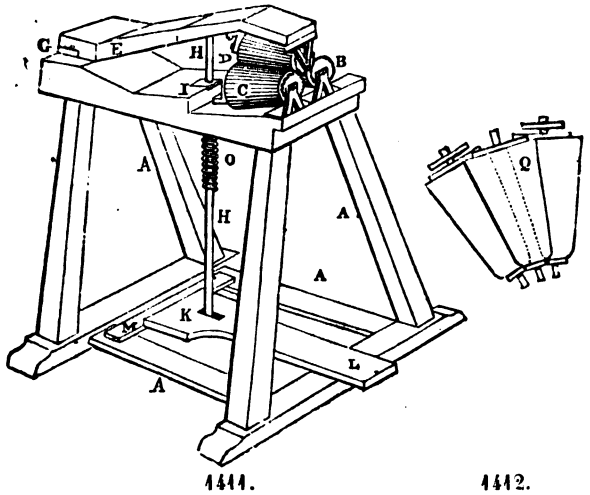
M. Bundry a obtenu, en 1819, un brevet pour une espèce de machine propre à broyer et à préparer le lin ; elle mérite une description (1) ; (fig. 1411) A A A A, est un bâti en bois ou en fonte sur lequel sont établis les deux rouleaux coniques B et C. Ces rouleaux tournent indépendants l'un de l'autre, dans leurs coussinets de cuivre. Un troisième rouleau conique D, est semblablement soutenu au-dessous de la pièce E et de la machine. Tous ces rouleaux sont des troncs de cône en fonte, quelle que soit la forme des dents ou des cannelures qu'on adopte. Celles-ci doivent être disposées, les unes par rapport aux autres, de manière à laisser beaucoup de jeu entre elles, afin de pouvoir y introduire la quantité de tiges de lin qu'on veut y broyer et nettoyer.

La pièce de dessus E, de la machine qui porte le rou-

(1) Cette machine a beaucoup d'analogie avec celle qu'a fait construire M. Christian, en France, vers la même époque.

Digitized by Google

leau conique supérieur D, est fixée ou reliée au bâti A A A A, par de fortes charnières ou par tout autre système de joint mobile placé en G, et par des chevilles de fer ou de tout autre matière suffisamment résistante.



1411.

1412.

H H, est fixée par son extrémité supérieure au moyen d'un joint à la pièce de dessus E ; elle passe par le trou pratiqué près de I, et elle est fixée par son extrémité inférieure et par un autre joint K, à la marche ou levier K L, qui pivote autour du point de la charnière M, un ressort ou un poids (mais le premier est préférable par plusieurs motifs) est adapté à la machine, de telle manière que son action maintient toujours la pièce de dessus E, et par conséquent le rouleau supérieur D, dans une position écartée des rouleaux B et C. Lorsque la machine ne fonctionne pas il s'ensuit que l'extrémité L, du levier se trouve aussi soulevée, ce qui permet d'introduire entre les rouleaux le lin qu'on veut broyer, c'est à-dire de l'introduire au-dessus des deux rouleaux inférieurs B et C, et au-dessous du rouleau supérieur D. Le ressort peut être disposé de plusieurs manières, comme par exemple entre la pièce supérieure E, et le dessus de la plate-forme de la machine en N, ou bien il peut consister en un fil d'archal assez fort, contourné en spirale, ayant son extrémité supérieure arrêtée contre la plate-forme ; tandis que, par son extrémité inférieure il est fixé à la tige H H, autour de laquelle il s'enroule, ainsi qu'on le voit en O ; ou bien il peut encore être placé au-dessous de l'extrémité L de la marche.

Dans tous les cas, sa force ne doit pas dépasser celle qui est juste suffisante pour soulever le rouleau supérieur D, de 0m,05 à peu près des rouleaux inférieurs, autrement il donnerait une fatigue inutile à la personne qui ferait fonctionner la machine.

Voici la manière de s'en servir : Le rouleau de dessus et ceux de dessous se trouvent écartés, comme nous venons de le dire ; on y introduit une poignée de tiges de lin desséchées qu'on tient étalée avec les deux mains, tandis que les rouleaux se rapprochent entre eux par la pression exercée par le pied sur la marche L. Tant que cette pression dure, on tire et on pousse avec les mains le lin entre les rouleaux, en le maintenant dans la direction perpendiculaire à leurs axes. On le retire, de temps à autre, d'une seule main, on ôte le pied de dessus la marche jusqu'à ce que la poignée soit replacée de nouveau entre les rouleaux, et on l'y fait passer et repasser ainsi plusieurs fois, tantôt par l'un des bouts, tantôt par l'autre, jusqu'à ce que la chénevotte soit suffisamment broyée dans toute sa longueur.

Par cette succession d'opérations, en pressant du pied la marche L, chaque fois que le lin ou la filasse sont introduits entre les rouleaux, et en réglant cette pression selon l'état plus ou moins avancé de la filasse, celle-ci se trouve bientôt suffisamment travaillée, et la fibre assez nettoyée et assez divisée pour être soumise au blanchiment ; ou bien, si la filasse est destinée à être filée sans avoir été blanchie suffisamment dans cet état, en continuant à la faire passer sous les rouleaux, et particulièrement entre les parties de ces rouleaux qui se rapprochent de leur plus petit diamètre.

En effet, on doit commencer et continuer pendant quelque temps l'opération, en introduisant le lin entre les rouleaux, du côté de leurs grands diamètres, et on doit les terminer en les faisant passer du côté des plus petits. Sous ce rapport, on trouvera que les rouleaux coniques sont une invention aussi convenable qu'utile ; car, comme les cannelures varient entre elles de distance dans tout l'intervalle qui sépare les gros bouts des petits, il devient alors presque impossible à l'ouvrier avec de pareils rouleaux d'y faire passer le lin sans faire continuellement varier les points de contact ; le broyage de la chénevotte se faisant ainsi beaucoup plus irrégulièrement, les fibres se trouvent beaucoup mieux approchées qu'elles ne peuvent l'être avec des cylindres cannelés ou avec les autres systèmes du même genre qui avaient été employés jusque-là. C'est que probablement ces derniers broyaient fréquemment les fibres sur les mêmes points ; si l'on a l'intention de blanchir le lin avant de le filer, on peut avoir recours alors à la deuxième partie de l'invention de M. Bundry, laquelle consiste en petits baquets mobiles qu'on plonge dans l'eau ou dans le liquide destiné à blanchir le lin, ce qui se fait de la manière suivante.

Lorsque le lin a été broyé et convenablement préparé par la machine, on doit le rassembler par petits paquets d'environ 30 gram., qu'on lie par le milieu, sans trop serrer l'attache, on le met ainsi dans les baquets, et on le laisse tremper dans l'eau froide pendant un jour ou deux ; alors on fait passer séparément chaque paquet mouillé, sous une machine construite précisément comme celle que nous venons de décrire ; excepté seulement que les rouleaux en sont cylindriques et faits entièrement de bois avec des axes en métal. Les cannelures sont ici parallèles, mais façonnées comme on peut le voir fig. 1412.

On a pu voir, à la dernière exposition, deux autres machines à broyer, très simples et basées sur des principes très rationnels. La première et la plus ancienne était une machine à tiller de *Hoffmann*, construite par M. Decoster, que nous donnerons dans notre ouvrage spécial sur le travail des matières textiles. La seconde est une machine plus nouvelle, inventée en Belgique, importée en France par M. Mertens, et construite par MM. Chapelle et Montgolfier.

Cette machine, d'après son auteur, peut tiller de 80 à 100 kilogr. de lin brut, avec la force de deux hommes en douze heures de travail ; son rendement est également de 20 à 25 p. 100 de lin ou de chanvre tillé.

La fig. 1416 donne une vue latérale de la machine du côté des engrenages commandant les disques porte-lames ;

La fig. 1418, une projection verticale vue de face ;

La fig. 1413 est une section verticale faite par le milieu ;

Les fig. 1414 et 1415 représentent la manivelle et les engrenages qui impriment le mouvement.

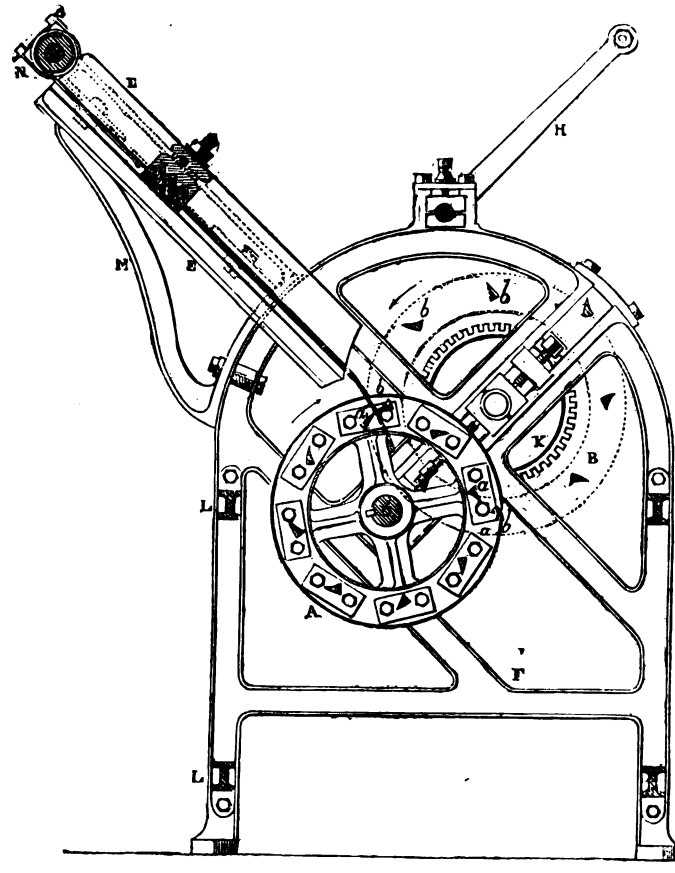
La base fondamentale de la machine consiste dans les deux plateaux A et B qui ont deux diamètres diffé-

Digitized by Google

rents, et qui portent les lames *a*, *b*, disposées au sens opposé comme le sont des dents d'engrenage sur des roues qui doivent communiquer ensemble; seulement ici, les dents ont une forme différente et sont beaucoup plus espacées. Ces dents, ou mâchoires, sont destinées à recevoir les matières à broyer. Elles doivent, par conséquent, engrener suffisamment pour opérer le broyage, mais cet engrènement ne doit pas aller jusqu'au contact qui déchirerait la matière textile. Cet effet s'obtient facilement en conservant l'espace voulu entre les axes, et en imprimant une vitesse égale aux deux plateaux qui ont des rayons différents.

Les fig. **1419** et **1420** donnent les détails de ces mâchoires avec la matière à tiller, lors du travail et dans différentes positions.

La fig. **1420** représente ces lames, après un certain mouvement, elle montre que la matière filamenteuse a changé de direction, qu'elle présente maintenant une ligne courbe à laquelle elle n'a pu arriver qu'après avoir été froissée et tillée, de manière à enlever la partie solide.



1413.

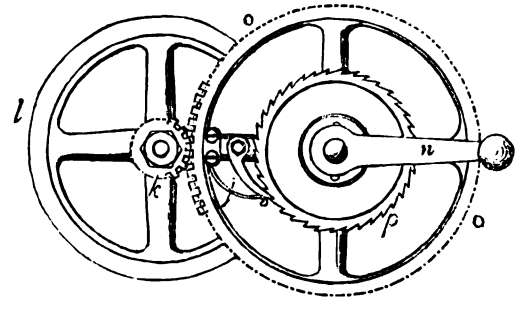
La fig. **1417** donne une coupe verticale des porte-lames A et B. On voit que les deux plateaux sont évidés et montés sur des arbres en fer *c'* et *d'*, qui tournent en sens inverse. C'est l'arbre inférieur *c'* qui reçoit le mouvement par une courroie ou une manivelle, suivant que la machine est mue par un moteur ou à la main. Le mouvement est transmis à l'autre arbre *d'* au moyen des roues d'engrenage droites de même diamètre *k*, *k''*.

La matière filamenteuse à tiller est fournie aux dents à broyer par les mâchoires C et D, dont la première inférieure est en fonte, et la supérieure est en bois, afin de pouvoir servir suffisamment la matière sans la briser.

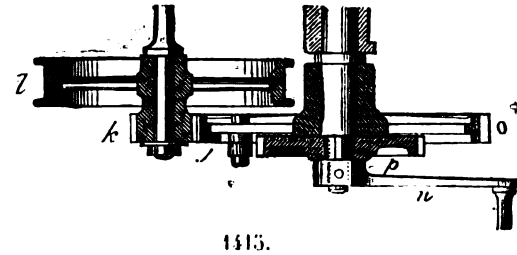
Ces mâchoires, qui livrent la matière, s'avancent lentement et à mesure que le travail l'exige.

Ce mouvement s'effectue par les rapports de commande entre l'arbre des mâchoires C et D, et les poulies motrices dont nous avons parlé.

On voit, en effet, que les mâchoires C et D sont entourées en *i*, par une corde qui passe sur l'arbre N, lequel reçoit à l'une de ses extrémités la roue d'engrenage O qui communique avec le pignon K, qui communique, à son tour, avec les roues I, K, K'. Rien de plus simple que d'établir le rapport voulu entre cette commode et les disques.



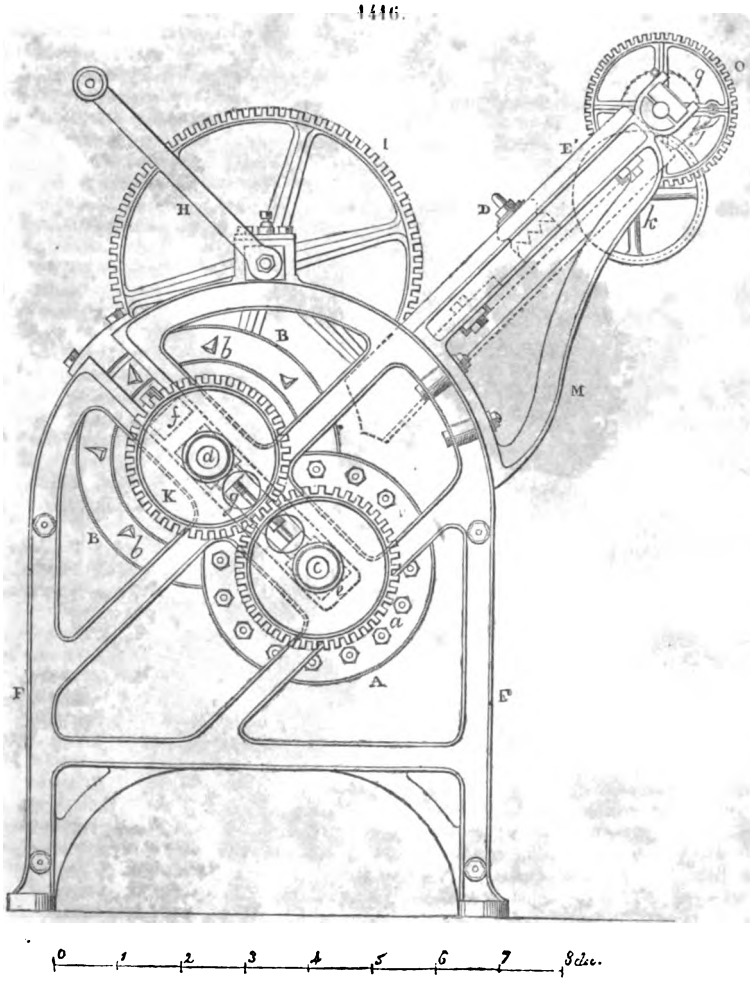
1414.

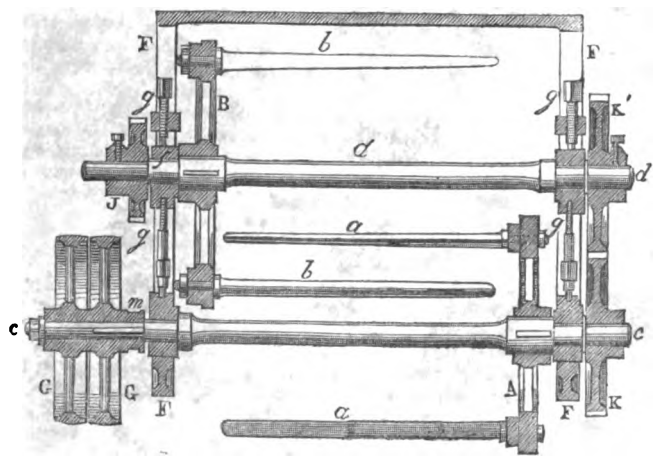


1415.

Digitized by Google

1416.





1417.

Pour enlever la matière à tiller ou la changer de bout, on fait tourner de nouveau N en sens opposé, au moyen d'une manivelle fixée dans le bout de l'arbre.

On conçoit qu'on peut établir cette machine de manière à faire varier le travail avec la force qu'on a à sa disposition. Cette variation de force et de travail permettra de construire des machines plus ou moins fortes et d'un prix plus ou moins élevé. MM. Chapelle et Montgolfier en font de 400 à 600 fr. Cette machine nous paraît cependant encore trop compliquée pour être considérée comme un véritable ustensile rural, mais elle pourrait être utilisée par des entrepreneurs de tillage qui s'installeraient dans chaque centre de production de lin ou de chanvre, et qui les broieraient à un prix à forfait.

Préparations manufacturières. Si on se rappelle les propriétés naturelles du coton et du lin, et si on compare les états différents dans lesquels ces matières arrivent aux usines, on appréciera facilement les motifs qui ont fait adopter des préparations spéciales à chacune d'elles. **Rappelons-nous, en effet, que le coton présente un brin tout formé, assez court, tortillé, et d'une douceur extrême, qu'il arrive aux établissements à peine nettoyé.**

Le lin et le chanvre, au contraire, présentent des brins toujours très droits, d'une longueur plus considérable, dont il faut former et assouplir les filaments.

Le but principal des préparations du lin et du chanvre consiste à séparer les brins pour former des filaments, à les adoucir, à les rendre aussi flexibles que possible en les rangeant parallèlement entre eux.

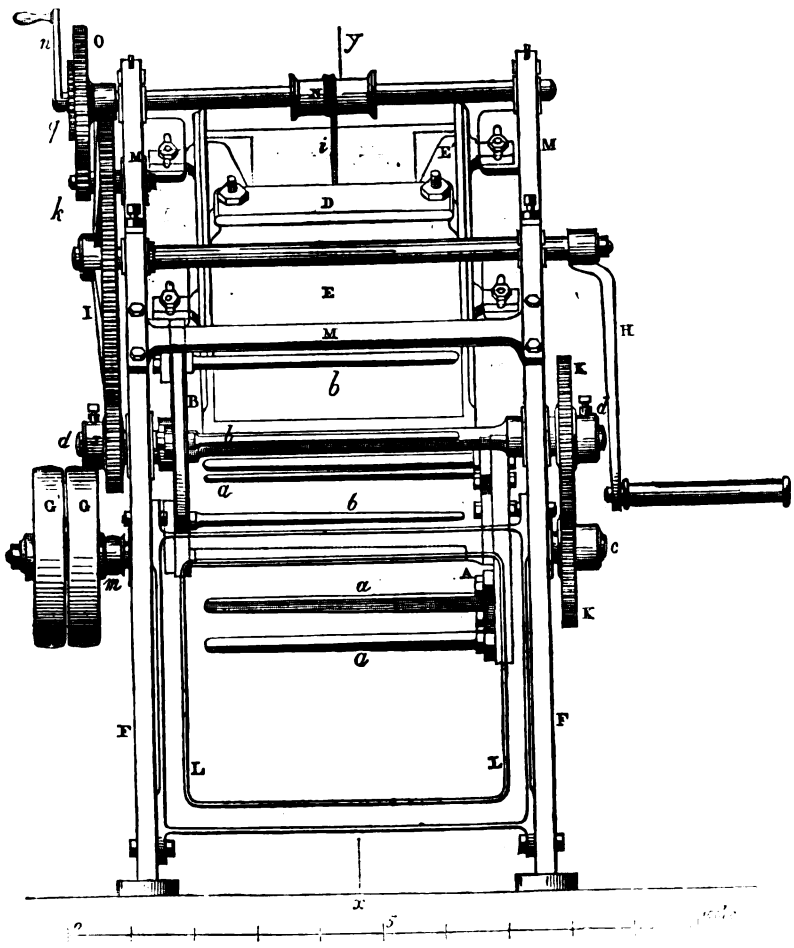
Les opérations analogues à celles du battage du coton deviennent, par conséquent, inutiles, et le cardage, si nécessaire et si convenable pour redresser et diviser les brins si courts du coton, n'au-

Digitized by Google

rait plus de but et serait inapplicable à des matières formées de brins d'une certaine longueur.

soin, pour être travaillé par les mêmes machines que celui-ci, d'être diminué de longueur et d'être assoupli.

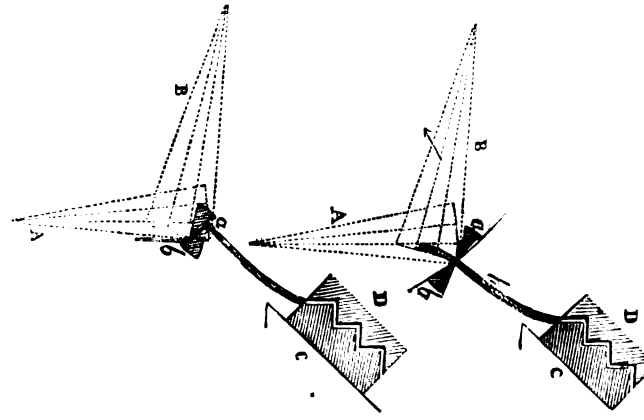
4418.



Il a donc fallu avoir recours à des moyens nouveaux pour arriver à des préparations convenables. L'opération du *peignage*, que nous allons décrire, en forme le travail essentiel et le premier dont l'ouvrier ait à s'occuper lorsqu'il s'agit du lin.

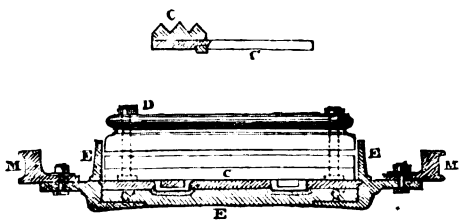
Dans les préparations du chanvre, on fait précéder le peignage d'un traitement que nous devons indiquer en quelques mots, afin de n'avoir plus à revenir sur le chanvre et de pouvoir confondre son travail avec celui du lin.

Le chanvre étant sensiblement plus long et surtout bien moins souple encore que le lin, a be-



4419. 4420.

Digitized by Google



1421.

Coupage du chanvre. Le coupage du chanvre, pour le diminuer de longueur, se fait de manière à le diviser en trois parties : on sépare le milieu des deux extrémités, et on obtient, par conséquent, des mèches de qualité différente, à cause de l'épaisseur variable de la tige sur la longueur ; on coupe quelquefois aussi le lin, mais ce n'est que lorsqu'il est d'une grande hauteur. On y a presque généralement renoncé pour les lins ordinaires.

Le coupage doit se faire de manière à ne pas présenter une coupure carrée, c'est-à-dire ayant une section perpendiculaire à la longueur des filaments ; il faut au contraire que la division se fasse plus tôt par arrachement, afin que, lors de la suture des brins les uns aux autres qui aura lieu ultérieurement pour former les rubans, les jonctions ne soient pas sensibles par leur épaisseur.

M. Decoster a construit une roue à couper qui produit la coupure dans les conditions que nous venons d'indiquer.

Afin d'assouplir le chanvre on en forme des tresses qu'on entasse les unes sur les autres dans une auge, puis on les bat dans tous les sens avec une espèce de pilon ; ce froissement des filaments les uns contre les autres les assouplit. M. Decoster avait cherché à remplacer ce moyen par une espèce de machine à broyer qui donnait de bons résultats d'abord, mais qui demandait tant de réparations, qu'il nous a déclaré qu'il y renonçait.

Une fois le chanvre coupé et assoupli, il rentre dans les conditions du lin, et tout ce que nous allons dire du travail de cette matière lui sera par conséquent applicable.

Peignage. Lorsque le lin arrive aux ateliers, il est loin d'avoir tous les filaments élémentaires de ses brins complétement détachés, d'avoir la souplesse et la douceur au toucher qui facilite leur glissement les uns sur les autres. Le peignage est l'opération qui a pour but de diviser les brins autant que faire se peut, sans briser les filaments ; de les assouplir sans les fatiguer, de les détacher parfaitement les uns des autres, afin de faciliter leur glissement au contact et de les ranger aussi parallèlement que possible.

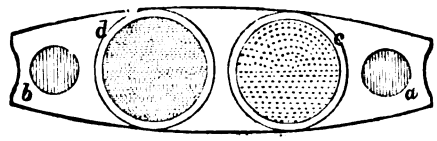
Pour arriver à ces résultats on fait passer à plusieurs reprises la mèche à peigner sur des dents métalliques plus ou moins fines et plus ou moins rapprochées entre elles ; ces dents sont fixées sur une pièce ou semelle, elles doivent être d'autant plus serrées et plus fines que la matière à peigner est plus fine, ou que l'opération est plus avancée. Il y a donc nécessité, pour que l'outil soit bon, de pouvoir changer les dents et de les rapprocher au besoin.

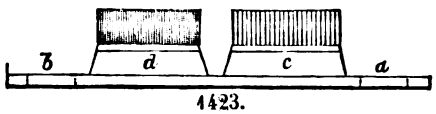
Ce peignage, comme l'on voit, ressemble en quelque sorte à celui d'une chevelure, dans lequel on a également pour but de démêler, d'adoucir et de ranger les cheveux ; mais pour le travail qui nous occupe il s'agit de prendre en considération, en outre, les conditions manufacturières qui consistent à produire bien, beaucoup, et à bas prix : nous allons voir jusqu'à quel point ces conditions ont été remplies dans l'état actuel des choses.

Quoiqu'on ait inventé plusieurs machines à peigner à la mécanique, depuis que M. Philippe de Girard a le premier présenté sa peigneuse, si habilement conçue, on n'est cependant pas encore parvenu à peigner le lin complétement à la mécanique, et sans le secours des peigneurs à la main ; dans plusieurs établissements de médiocre importance, l'opération du peignage se fait même encore exclusivement par des hommes.

Peignage à la main. Le peigne dont on se sert pour le travail à la main est formé (fig. 1422 et 1423), d'une

1422.





1423.

pièce de bois triangulaire à laquelle s'adapte une pièce métallique dans laquelle sont fixées des aiguilles en acier trempé plus ou moins fines, plus ou moins rapprochées entre elles, suivant la qualité de la matière à traiter. Ce peigne est fixé d'une manière invariable, au mur, à une hauteur convenable du sol, 0m,75 environ, de manière à faciliter le travail à l'ouvrier, qui doit avoir à sa disposition une série de quatre à cinq peignes de rechange dont les dents doivent aller graduellement en se serrant et en augmentant de finesse.

L'ouvrier exécute l'opération en faisant passer une mèche de lin ou une poignée d'environ 0k,12 à 0k,15 sur les dents, un certain nombre de fois suffisant pour produire complétement l'effet qu'on se propose et que nous avons décrit plus haut.

On conçoit qu'il est nécessaire que l'ouvrier retourne la mèche pendant le travail, de manière à peigner également les deux extrémités de celle qu'il tient à la main, aussi bien que celle qui flotte ; et que, vers la fin, la partie qu'il est obligé de tenir dans la main doit être le moins serrée possible, afin que les fibres ne soient pas trop comprimées et que la mèche se présente carrément et non en pointe. Et, pour que ces filaments ne soient pas brisés ni affaiblis au peignage, l'ouvrier a bien soin de piquer et de repiquer la mèche perpendiculairement à ses fibres, et à la faire marcher successivement de l'extrémité libre à celle qu'il tient en main, de manière à les fendre seulement et à les séparer, suivant la direction de leur adhérence sans effort nuisible.

Le travail du peignage fait subir un déchet assez considérable au lin ; ce déchet est de deux sortes : celui provenant des corps étrangers et ordures que la matière filamenteuse contenait encore, et qui constitue une perte réelle ; et celui qui provient de brins très courts mêlés en tous sens entre eux et qui restent engagés dans les pieds des dents.

C'est cette dernière partie qui constitue les *étoupes*, tandis que la partie de la mèche qui se trouve peignée dans sa largeur, forme les *longs brins*.

Les étoupes sont employées à peu près aux mêmes usages que les longs brins, si ce n'est pour former des produits plus communs que ceux que l'on retire des longs brins qui les ont fournies.

Mais tandis que les longs brins sont peignés, comme nous venons de l'indiquer, les étoupes sont soumises à un cardage sur des cardes analogues, sauf quelques modifications, à celles employées pour le travail de la laine que nous avons décrit p. 2168 et suiv.

La quantité d'étoupes retirées du lin peut varier de 30 à 40 p. 100 suivant la nature des lins et suivant que l'on a poussé le peignage plus ou moins loin.

Digitized by Google

La poussière et l'évaporation peuvent être estimées de 2 à 4 p. 100.

A mesure que l'ouvrier forme des étoupes, pendant son travail il les retire du peigne et les dépose à côté de lui, sur une place réservée d'un banc disposé à cet effet, et dont la partie antérieure est destinée aux longs brins. Il dépose successivement des mèches jusqu'à ce qu'il en ait une quantité suffisante pour former un paquet d'environ 10 kilogrammes.

Il est bien entendu que, dans un atelier de peignage, les choses sont disposées suivant les quantités que l'on veut produire, par conséquent le nombre d'ouvriers à employer.

Les peignes et les bancs de service sont adaptés de manière à être convenablement éclairés et à laisser un espace suffisant entre eux pour le service.

On serait loin de se douter, par le simple énoncé théorique des conditions qu'un bon peignage doit remplir, des difficultés nombreuses que l'on a rencontrées lorsqu'on a voulu substituer le peignage mécanique à celui exécuté à la main.

On se rendra mieux compte de ces difficultés et des complications que présente cette opération mécanique, en la voyant exécuter et en remarquant que l'ouvrier habile possède certain tour de main pour présenter la gerbe de lin épanouie, et par conséquent aussi mince que possible à l'action des aiguilles pour la piquer et fendre seulement les brins, sans prolonger leur action d'une manière continue sur toute leur longueur, ce qui augmenterait les étoupes sans améliorer le travail.

Que pour retirer cette gerbe des aiguilles du peigne il emploie plus ou moins de force selon que la mèche est plus ou moins fortement engagée; mais il n'exerce, en tous cas, que l'effort nécessaire pour dégager le brin sans le rompre.

Qu'il dégage les étoupes avec le plus grand soin pour les conserver légères et maniables, afin de faciliter également leur préparation.

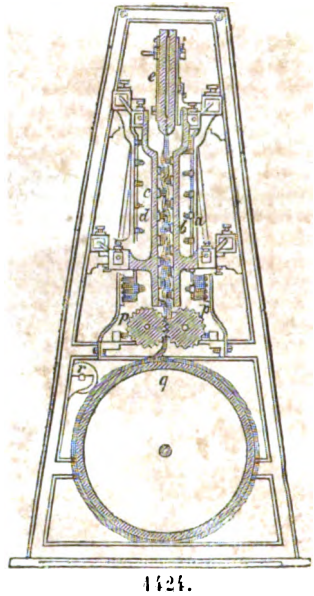
Si, à ces conditions, on ajoute la nécessité de faire varier la finesse et le rapprochement des aiguilles, de ne pas affaiblir les filaments, de tirer le plus possible de longs brins d'une quantité donnée de lin, de débarrasser facilement la machine de ses étoupes sans la détériorer à mesure qu'elles se produisent, et enfin de réaliser ce travail à bon marché; on s'étonnera moins que le problème pratique du peignage mécanique ne soit pas complétement résolu encore.

Parmi les nombreuses machines à peigner proposées, nous allons en décrire quelques-unes des plus anciennes et des plus remarquables, et au moyen desquelles il sera très facile de se rendre compte de toutes les autres.

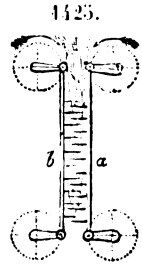
Au premier rang, vient naturellement se placer l'ingénieuse machine de M. Philippe de Girard; ce rang lui est dû, autant par sa simplicité, ses qualités, que par son ancienneté, quoique cependant elle ne soit pas parfaite encore, malgré les modifications ingénieuses que M. Decoster y a introduites. C'est la machine ainsi modifiée que nous allons décrire.

Peigneuse Girard. La fig. 1424 représente une coupe verticale de la machine faite par le milieu; des montants verticaux forment les côtés de la machine, ils sont assujettis ensemble par des traverses longitudinales consolidées par des tenons. Les pointes ou aiguilles du peigne ou séran qui doivent agir sur le lin sont montées sur les châssis *a*, *b*, *c*, *d*, et les bouts de filasse maintenus par des pinces ou mordaches *e*, sont ainsi suspendus à la barre qui leur sert d'appui et de guide à travers la machine.

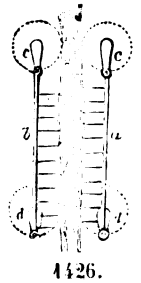
Afin de rendre évidents les principes de cet appareil, et son mode d'action, il est peut être nécessaire d'exposer, sous une forme abstraite, la manière dont les peignes sont amenés pendant l'opération sur la filasse, et nous avons dessiné dans ce but les fig. 1425 et 1426.



1424.



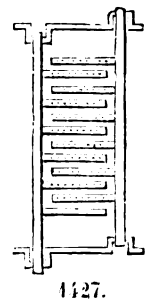
1425.



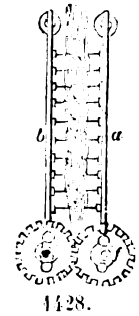
1426.

Supposez deux séries de peignes ou de pointes montées sur les châssis *a* et *b*, tel qu'on le voit dans les figures. Chaque châssis étant rendu mobile au moyen des manivelles *c*, *c*, et *d*, *d*, disposées de manière à ce qu'elles tournent toutes deux avec la même vitesse dans des directions opposées; il est évident que chaque partie des châssis et des peignes décriront des cercles correspondants à ceux décrits par les manivelles, les aiguilles marchant dans les directions de flèches et décrivant les cercles ponctués.

Durant ce mouvement, tandis que les manivelles descendent le premier quart de révolution, les châssis se rapprochent et se pénètrent, ainsi qu'on le voit fig. 1425, ils commencent ensuite à se séparer en décrivant le deuxième quart de révolution et viennent dans la position de la fig. 1426; en continuant ainsi à tourner, ils s'éloignent l'un de l'autre en décrivant le premier quart de cercle ascendant, et ils arrivent ainsi dans la position où ils sont l'un de l'autre à la plus grande distance possible; ils décrivent enfin le deuxième quart de cercle ascendant et reprennent leur troisième position.



1427.



1428.



1429.

Si donc il y a une mèche de filasse suspendue entre les deux châssis garnis de pointes, comme dans la fig. 1424, et si l'on continue le mouvement de rotation pendant un temps suffisamment long, le lin se trouve peigné dans toute la longueur qui aura été soumise à l'action des aiguilles, quoique chaque aiguille considérée séparément n'ait agi que dans un petit espace. Pour diminuer la quantité de longs brins que les étou-

Digitized by Google

pes produites par cette peigneuse entraînent avec elles, on y a apporté les modifications suivantes, représentées fig. 1427, 1428 et 1429.

L'appareil consiste en deux séries de peignes (figure 1428) fixées aux deux châssis mobiles représentés en *a* et *b*. Chaque châssis est formé de montants verticaux *a*, *b*, portant des branches latérales garnies de dents de peignes; ces branches ou bras sont parallèles et à égale distance les uns des autres, mais ils sont fixés à chaque châssis de manière à occuper les espaces intermédiaires, quand les châssis sont réunis l'un à l'autre comme l'indique la fig. 1429. Les châssis sont mis en mouvement au moyen de manivelles tournantes qui y sont adaptées, ainsi que le représente la fig. 1427, et lorsque les manivelles tournent sur leurs axes.

Les bras de l'un des montants passent entre ceux de l'autre sans se toucher, cela constitue ce qu'on appelle une monture de peignes; mais dans une machine perfectionnée il y a deux systèmes semblables, les pointes de l'une s'y trouvant opposées à celles de l'autre.

La manière dont les séries de pointes, qui constituent une machine, agissent sur le lin est indiquée par la fig. 1427, qui représente l'appareil vu de profil. Lorsque les manivelles tournent dans la direction des flèches, les montants viennent dans une autre position, et c'est alors que les pointes ou les peignes de l'un d'eux *a*, commencent à pénétrer dans le lin, et qu'en descendant ces pointes peignent ou divisent les fibres. Le mouvement de rotation des manivelles continuant, les deux montants *a* et *b* viennent dans la position indiquée par la fig. 1428. Les pointes du montant *a* se retirent de la filasse, tandis que celles du montant *b* s'en rapprochent, et poussent les fibres en dehors des premiers pour qu'elles soient peignées par l'effet du mouvement descendant des pointes.

On voit par là qu'à mesure que les peignes du châssis *a* et *b* s'avancent chacun à son tour, ils passent en dehors l'un de l'autre la totalité de la filasse, et rendent impossible l'entraînement et l'embrouillement des filaments, puisque chaque montant, en s'avançant, nettoie de toutes les fibres qui ont pu s'y attacher les pointes du montant qui vient d'agir.

Toutefois, une simple monture de peignes semblables n'agissant que d'un seul côté de la filasse, n'opérerait qu'imparfaitement la division des fibres; il est donc nécessaire pour atteindre le but d'une manière plus efficace d'employer deux montants et de les placer à l'opposé l'un de l'autre, de chaque côté de la filasse, comme on le voit par la disposition des figures.

Les manivelles des deux montants opposés, *a* et *b*, et *c*, *d*, sont liées l'une à l'autre au moyen des roues dentées *e*, *f*, comme dans la fig. 1428, ou bien par quatre roues dentées qui permettent aux peignes d'agir en même temps, les deux montants se trouvant en sens contraire, mais avec des vitesses égales, et la filasse se trouvant par ce moyen peignée ou sérancée de la manière indiquée par la dernière figure.

Jusqu'ici nous n'avons considéré que deux montants garnis de pointes, et constituant une double monture opérant de chaque côté de la bande de filasse interposée. Mais si l'on veut produire une plus grande quantité d'ouvrage, on peut établir dans la même machine plusieurs montures semblables, travaillant l'une à côté de l'autre, et s'étendant dans le sens de la largeur de la machine. Les peignes peuvent alors être placés sur trois châssis, dont celui du milieu peut avoir ses branches ou ses bras s'étendant de chaque côté, tandis que les bras des deux autres châssis viendraient seuls pénétrer dans les intervalles de ce châssis intermédiaire, ou mettre en mouvement un système de peignes ainsi disposés; il faut que les montures soient reliées entre elles par de triples manivelles.

Tel est le principe sur lequel repose la machine à peigner, perfectionnée, et représentée par les diverses figures dont nous allons décrire maintenant chaque construction séparément. La machine ou l'appareil représenté par la fig. 1424 a quatre séries de peignes, dont deux opèrent sur le lin par devant et deux par derrière. *a* et *b* sont les deux séries de devant, et *c*, *d*, les deux séries placées en arrière; *e*, *e*, sont les poignées auxquelles sont suspendues les bandes de filasse, préalablement espadée. Ces poignées sont accrochées à la barre, qui leur sert d'appui et de guide.

Les montants des peignes sont fixés en haut et en bas aux hirondelles *g*, *g*, qui sont toutes en communication au moyen de roues dentées, et mises en mouvement par la courroie d'une roue conductrice.

Les peignes une fois mis en action de la manière que nous avons décrite, opèrent sur les bandes de filasse suspendues au milieu d'eux, et en divisant les fibres. Ainsi que nous l'avons dit, ces bandes de filasse sont progressivement conduites à travers la machine au moyen des crampons qui les tiennent suspendues, et qui glissent sur leur guide par l'action de la chaîne sans fin, à laquelle les crampons sont séparément attachés au moyen d'un crochet qui s'implante dans un des chaînons.

La chaîne est conduite par une roue à cames, tournant sur l'axe d'une roue d'angle, à laquelle on imprime un mouvement lent de rotation au moyen d'un pignon d'angle placé sur l'axe d'une roue semblable, mise en mouvement à son tour par un autre pignon fixé à l'extrémité de l'axe de la manivelle supérieure. Par ce moyen, les crampons garnis de filasse et placés sur le bord de la barre qui leur sert de guide, sont conduits lentement à travers la machine, où le lin se trouve graduellement soumis d'abord à l'action des aiguilles d'un peigne grossier, placées à distance les unes des autres, et finalement à celle de pointes plus fines et plus rapprochées entre elles; ensuite chaque crampon et la filasse qu'il porte sont retirés de la machine, à l'extrémité opposée de la barre sur laquelle il a glissé pendant l'opération.

Mais si l'ouvrier néglige d'enlever la pince arrivée à l'extrémité de la barre, la machine s'arrête au moyen d'un levier articulé et fourchu à son extrémité, lequel pousse la courroie et la fait passer de la poulie conductrice fixe sur une autre qui est libre, et porte ainsi en dehors de la machine l'action de la force motrice.

A mesure que les peignes en agissant sur le lin pour en diviser les filaments en déchirant les fibres, et en réduisent une partie en étoupe, celle-ci est séparée de la filière pendant le mouvement descendant du pignon, et elle est déposée entre deux rouleaux sans fin *p*, *p* (figure 1424). Ces rouleaux la conduisent au grand tambour *q* placé par dessous, autour duquel elle s'enroule en deux lames sans fin, l'une d'étoupe grossière, l'autre d'étoupe fine, leur adhérence étant favorisée par un rouleau *r*; et lorsqu'une certaine quantité de cette étoupe se trouve accumulée autour de la périphérie du tambour, on l'en retire en la coupant par bandes. Les rouleaux cannelés, ainsi que le grand tambour, sont mis en mouvement au moyen de courroies. Lorsque chaque bande de filasse a été ainsi conduite à travers la machine à peigner, on ouvre les mâchoires des mordaches, on change les bouts de la filasse et on introduit de nouveau celle-ci entre les mâchoires de l'instrument, de manière que l'extrémité de la bande qui n'a pas été soumise à l'action de la machine le soit à son tour de la même façon. Afin d'empêcher une partie quelconque du lin de s'attacher aux branches des châssis mobiles, chacun de ceux-ci est garni d'un bouclier, ou plaque de fer poli ou de cuivre, qui recouvre une partie des peignes ainsi que les têtes des vis qui tiennent ceux-ci fixés aux branches. Comme la plaque de métal est courbée en forme de bouclier, elle glisse sur les branches des

Digitized by Google

châssis qui portent les peignes, et elle est suffisamment élastique pour y produire une forte pression.

Mais il faut faire observer que les bords des boucliers doivent varier selon la position dans laquelle on doit les placer. Ceux qui doivent garantir les branches supérieures des peignes ne doivent s'avancer que fort peu, de manière à ne pas recouvrir les pointes et à les laisser libres de pénétrer dans la filasse. Mais les boucliers des peignes inférieurs doivent se projeter considérablement vers les pointes, afin de les empêcher de pénétrer trop avant dans les filaments, ce qui a pour but de faciliter la chute de l'étoupe, laquelle autrement ne serait retirée que difficilement des peignes si elle était poussée trop avant vers la base de leurs dents.

Comme il est avantageux que chaque bande de filasse soit peignée à son extrémité inférieure avant de l'être vers le milieu de sa longueur, il est nécessaire pour produire cet effet d'enlever quelques-unes des dents des peignes qui sont adaptés aux branches supérieures. Par ce moyen, l'action des peignes sur le lin commence et se continue par degrés, et se termine de la même manière à l'autre extrémité de la machine, ce qui est très avantageux, en ce que cela permet de nettoyer complétement le lin de son étoupe.

On a d'ailleurs pour habitude, comme nous l'avons dit en commençant, de procéder au peignage mécanique par une préparation de séran-çage à la main, qui consiste à démêler grossièrement la matière filamenteuse, à l'ébaucher, pour continuer le travail à la machine. Et lorsque celle-ci rend la mèche travaillée, la partie qui a été saisie la dernière par la peigneuse mécanique a été comprimée, et a par conséquent également besoin d'être retouchée à la main; c'est ce dernier coup de main qu'on désigne sous le nom d'affinage.

Peigneuses Worts-Woud. Quoique assez différente dans sa disposition générale avec la peigneuse Girard, la machine de Worts-Woud est établie sur des principes à peu près semblables.

Les figures qui suivent représentent le plan et la coupe de cette machine à peigner, qui a été construite double afin de pouvoir opérer en même temps sur deux séries de bandes de filasse.

La fig. 1430 offre une vue horizontale de la machine. La fig. 1431 la représente vue par le bout; le tout est figuré dans l'ordre où se trouvent toutes les parties de l'appareil quand il fonctionne, et les mêmes lettres désignent, dans chaque figure, les mêmes parties correspondantes.

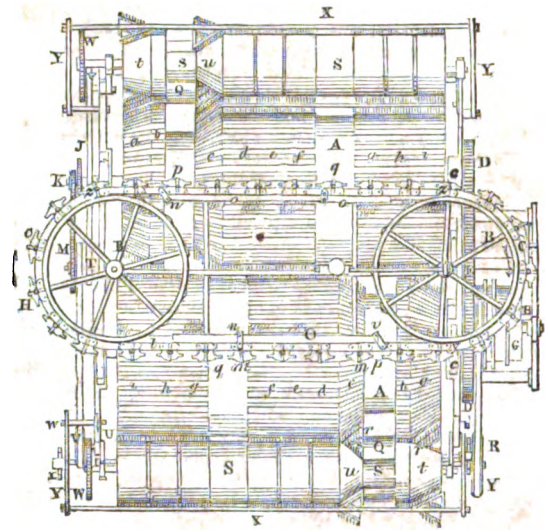
A, A, sont deux grands tambours, à la surface desquels sont fixés longitudinalement plusieurs séries de nervures de cuivre *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, lesquelles maintiennent et serrent des dents de peignes. Ces nervures se trouvent placées à peu de distance les unes des autres autour des tambours, et toutes les pointes y sont placées dans la direction des rayons. Les tambours sont montés sur des axes supportés par des montants d'aplomb, lesquels s'appuient sur les extrémités des traverses du bâti. B, B, sont deux roues ou poulies horizontales, tournant sur des flèches placées verticalement. Ces poulies conduisent une chaîne sans fin *c*, *c*, *c*, portant les pinces, auxquelles sont suspendues les poignées de lin ou de toute autre matière qu'on désire peigner.

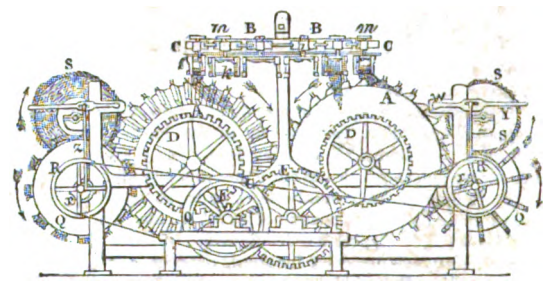
A l'une des extrémités de l'axe de chaque tambour est fixée une roue dentée D D, et les roues sont en communication entre elles au moyen d'une autre roue dentée, ainsi qu'avec un pignon F (fig. 1430 et 1431). Ce dernier se trouvé fixé sur l'arbre de la poulie qui conduit la courroie C.

La puissance d'une machine à vapeur, ou tout autre force motrice, étant mise en communication au moyen d'une courroie ou d'une corde avec l'axe C, le pignon F se met à tourner, et comme il engrène avec les roues dentées E et D, D, il fait tourner les tambours-peignes A, A, simultanément, dans des directions contraires, ainsi que l'indiquent les flèches dans la fig. 1431.

Les poignées ou bandes de filasse qu'on veut soumettre à l'action de la machine, sont placées séparément entre les jumelles *k*, auxquelles elles sont attachées, et celles-ci, ainsi garnies, sont ensuite suspendues à leurs pinces respectives H, H, qui se trouvent fixées à la chaîne sans

1430.





1431.

fin *e*. La partie inférieure du lin ainsi suspendu donne prise aux peignes tournants, tandis que la partie supérieure est relevée en nœud coulant et maintenue par des leviers à ressorts fixés à chaque jumelle.

Les pinces de chaque jumelle sont des fourchettes garnies de crochets dans la partie inférieure de leurs branches, lesquels reçoivent les extrémités des jumelles *k*, qui maintiennent les bandes de filasse de la partie supérieure de chaque fourchette. Il part perpendiculairement une tige, qui étant introduite dans l'axe des douilles *l*, *l*, *l*, placées sur le devant de la chaîne sans fin, forme un axe qui permet aux fourchettes de faire un demi-tour à des intervalles réglés pendant l'opération.

A l'extrémité supérieure de chacune de ces tiges se trouve fixé un petit bras de levier (fig. 1430), faisant angle droit avec la partie antérieure de la fourchette du cramponnet H. Lorsque la chaîne sans fin amène par intervalle les pinces, ces bras du levier viennent en contact avec les tiges stationnaires ou frottoirs *n*, *n*, fixées aux guides *o*, sur lesquelles la chaîne glisse, et ces frottoirs agissant contre les bras du levier au moment

Digitized by Google

où ceux-ci viennent à passer, font faire alors un demi-tour aux cramponnets, afin qu'ils présentent le revers des bandes de filasse à l'action des pointes du peigne.

Supposons maintenant que tous les cramponnets qui se trouvent fixés à la chaîne sans fin sont garnis de bandes de filasse, ou de tout autre matière destinée à être peignée, et que les tambours A, A, étant mis en mouvement comme nous venons de le dire, tournent dans le sens des flèches telles qu'on les voit dans la figure 1430. Un pignon placé à l'extrémité des axes d'un des tambours A, entraîne une suite de roues dentées, *j*, *k*, *l*, *m* et N, jusqu'à l'axe de cette dernière, où se trouve un pignon d'angle qui s'engrène avec une roue d'angle *q*, tournant horizontalement à l'extrémité inférieure de la flèche verticale de l'une des poulies de la chaîne.

On voit par là comment à mesure que les tambours tournent, leur mouvement de rotation se communique à la poulie B, et force celle-ci à faire avancer la chaîne *c*, qui par ce moyen amène les différentes bandes de filasse progressivement le long du tambour.

Lorsque chaque crochet arrive successivement avec sa bande de filasse au point *z* (fig. 1431), les filaments se trouvent alors en contact avec le tambour tournant et s'engagent d'abord entre les séries de peignes grossiers *a*, *a*, qui sont placés sur une surface inclinée ou conique du tambour; par cette disposition, les extrémités inférieures de la filasse de chaque bande se trouvent soumises les premières à l'action de la machine à mesure que celle-ci tourne, la partie supérieure, et finalement toute la longueur des filaments de l'écheveau suspendu, se trouvent graduellement amenées sur les peignes.

Cette marche progressive de l'opération empêche que les longs filaments se rompent, et fait qu'on obtient ainsi beaucoup moins d'étoupe qu'on en produit ordinairement.

Lorsque la mèche de filasse, soit du lin, soit de tout autre substance, a été transportée par la chaîne sans fin au-delà de la première surface conique ou inclinée *a* du tambour-peigne, il se trouve alors sur la partie cylindrique *b* du tambour, qui est pareillement garni de grosses pointes; celles-ci pénètrent et peignent alors dans toute leur longueur les brins suspendus.

Mais, afin que les deux côtés de la bande de filasse puissent être également soumis à l'action du peigne, le crochet auquel celle-ci est suspendue doit alors faire un demi-tour sur son pivot, ce qui a lieu au moyen du bras de levier ou du *tappet m* (et pendant que la chaîne sans fin avance), lequel venant frapper contre la cheville fine ou le frottoir *n*, fait changer le crochet de position, ainsi qu'on le voit en *p* dans la projection horizontale, fig. 1430.

La partie inférieure de la barre *o* qui sert de guide, et sur laquelle glisse la chaîne sans fin, se trouve entaillée sur la pointe, afin de permettre au crochet de tourner horizontalement sur lui-même, et une tige qui fait saillie au-dessous de cette même barre, à mesure que la chaîne continue à avancer, agit sur le côté du porte-crochet et le force à se maintenir dans une position parallèle à la chaîne. Par ce changement de position, l'autre côté de la bande de filasse vient passer successivement sur les peignes de plus en plus fins *d*, *e* et *f*,, placés sur la partie cylindrique du tambour tournant, jusqu'à ce que la bande soit arrivée au second frottoir *n*, où le porte-crochet fait encore en *q* un demi-tour sur lui-même, et où le revers de la bande, c'est-à-dire le côté qui a déjà été soumis à l'action des peignes *a* et *b*, est de nouveau amené à passer progressivement sur les peignes de plus en plus fins *g*, *h* et *i*. Lorsque les dernières séries de peignes tournants sont passées, on retire successivement les crochets de la machine, la filasse se trouvant alors suffisamment peignée par le bout.

L'ouvrier ouvre alors les jumelles des pinces, il en retire les bandes de lin, et il les y replace de haut en bas, afin que les filaments puissent être peignés par leur extrémité opposée. Les jumelles étant ainsi regarnies de filasse, sont suspendues de nouveau à leurs crochets, de manière que l'extrémité non encore peignée puisse descendre jusque sur le tambour.

Afin d'éviter les interruptions dans le travail continu de la machine, on a proposé, lorsqu'on remet les bandes de filasse, de les suspendre aux crochets qui se trouvent du côté opposé, en *y*, ce qui est une des raisons pour lesquelles la machine a été construite double. Chaque paquet de filasse étant donc amené par la chaîne sans fin à parcourir le même chemin que celui que nous avons déjà décrit, les fibres se trouveront d'abord soumises à l'action des peignes les plus gros, placés sur la surface inclinée ou conique du deuxième tambour tournant, et ensuite à celle des autres peignes de plus en plus fins qui se trouvent sur la partie cylindrique de ce même tambour, jusqu'à ce que successivement au bout de sa course, comme dans le premier cas, on puisse considérer chaque bande de lin comme suffisamment peignée et propre à être retirée.

Il est nécessaire de faire remarquer ici, que comme les différentes qualités de filasse que l'on doit peigner exigent différents degrés d'action de la part des peignes, on peut obtenir ce résultat en faisant varier les rapports de vitesse des crochets et des tambours. On conçoit que ces rapports dépendent des diamètres des roues et des pignons, par lesquels la poulie B est entraînée par le mouvement de rotation du tambour. Ces roues et ces pignons sont donc disposés de manière à pouvoir être enlevés et remplacés par d'autres de différents diamètres, et tels que les circonstances peuvent l'exiger. On conçoit que plus les bandes de filasse marcheront vite à travers la machine, comparativement à la vitesse de rotation des tambours, moins elles éprouveront l'action des peignes tournants. Mais comme différentes qualités de filasse doivent être travaillées différemment, selon les circonstances, il est impossible de déterminer d'avance une vitesse quelconque ou les diverses relations de la machine; mais l'ouvrier chargé de la direction de la machine s'apercevra promptement, sous ce rapport, des meilleures conditions à remplir.

Pendant que les filaments sont divisés par l'action des peignes tournants, les pointes de ces peignes arrachent une quantité de fibres courtes ou mal retenues, lesquelles forment une étoupe qui reste adhérente au tambour entre ces pointes; en conséquence, afin de pouvoir l'enlever, ainsi que tout ce qui se trouve entremêlé au milieu de toutes ses dents, on a adapté longitudinalement aux tambours tournants Q, Q, plusieurs séries de brosses ou de pièces de bois hérissées de soies de cochon.

Ces tambours-brosses sont montés sur leurs axes parallèlement aux tambours-peignes; ils s'appuient sur des supports fixés d'aplomb sur des tasseaux ou gousets, qui s'avancent des extrémités du bâti de la machine. Les parties des tambours-brosses qui se trouvent opposées aux parties cylindriques des tambours-peignes sont cylindriques aussi, et les parties de ces mêmes tambours-brosses qui sont en face des coudes sont contre-coudées ou en forme de troncs de cônes, renversées ou opposées par leurs angles comme *r*, *d*, de manière à pouvoir tourner parallelement aux surfaces inclinées des tambours-peignes *a* et *c*.

Sur la périphérie des tambours Q, Q, se trouvent des côtés métalliques ou de bois garnis de soies de cochon ou de brosses, et fixés dans le sens de la longueur des tambours à une distance convenable les unes des autres. Les étoupes de soie rayonnent toutes à l'axe de la circonférence et pénètrent entre les dents des peignes.

Le mouvement de rotation est imprimé aux tam-

Digitized by Google

bours-brosses Q, Q, au moyen de courroies passant des roues conductrices, placées en *g*, sur les poulies R, R, fixées aux extrémités de chaque axe des tambours-brosses. On voit d'après cette disposition que les tambours Q, Q, doivent tourner en sens contraire des tambours-peignes, et avec une vitesse convenable pour que les brosses puissent pénétrer entre les dents des peignes, et en enlever l'étoupe et les autres débris qui ont pu s'y introduire.

L'étoupe et tous les autres débris fibreux qui se sont ramassés sur les brosses, sont transportés de là sur les cardes qui se trouvent placées autour de la périphérie des tambours S, S, lesquels sont montés sur des axes parallèles aux tambours-brosses, et tournant d'aplomb sur des goussets qui s'avancent des extrémités du bâti de la machine.

Ces rouleaux sont cylindriques, et recouverts de bandes de cardes en fil de fer dans les parties qui sont opposées aux portions cylindriques des tambours-brosses; mais ces parties du tambour *s*, qui sont opposées aux coudes *r* et *s* des tambours-brosses, sont coudées aussi ou rendues coniques en *t*, *u*, afin qu'elles puissent correspondre avec les surfaces inclinées *r* et *s*. Ces parties sont aussi recouvertes de bandes de cardes.

Le mouvement de rotation est imprimé aux tambours S, S, par des courroies qui viennent de la poulie T, fixée à côté de la roue dentée M (fig. 1430). Ces courroies entraînent des poulies semblables, V, V, montées sur des clous fixés dans le bois du bâti. A côté de chacune de ces poulies V, V, on a fixé un pignon *t*, lequel engrène avec la roue W, placée à l'extrémité de l'axe de chaque rouleau à cardes S, S. Par cette disposition, on donne aux rouleaux S un mouvement de rotation aussi lent qu'il le faut, pour que les brosses des tambours Q enlèvent et déposent l'étoupe et les autres débris filamentaux sur les cardes à mesure que celles-ci tournent, et d'où les matières sont ensuite enlevées par un peigne destiné à cet effet, qui les fait tomber dans une auge convenablement placée par dessous, ainsi que cela a lieu avec les machines à cardes ordinaires.

Les cardes X, X, X, sont établies sur la forme des rouleaux-cardeurs; elles sont soutenues par des tiges droites se prolongeant des deux côtés dans le sens de la machine, lesquelles sont soutenues à leurs extrémités par les leviers Y, Y, oscillants sur des pivots W, W. A ces leviers sont articulées des tiges perpendiculaires *z*, *z*, dont l'extrémité inférieure est fixée à un disque ou à un excentrique ou à une manivelle *x*, *x*, établis sur l'axe du tambour-brosse. On voit par là que le mouvement de rotation des excentriques *x*, doit faire osciller les leviers de la même manière que dans l'opération du cardage dans les machines à carder ordinaires.

Nous allons passer en revue une autre machine anglaise plus simple en apparence, pour laquelle M. Evrard s'est fait breveter.

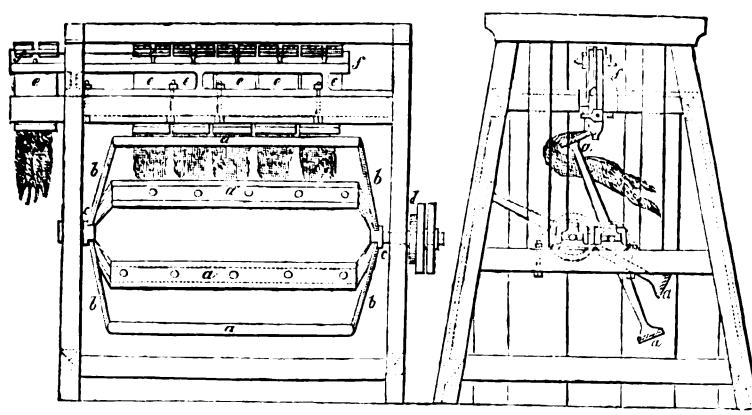
Le brevet de perfectionnement de M. Evrard pour les machines destinées à préparer le lin et le chanvre, s'applique premièrement à l'opération qui a pour but de racler, espader, et enlever les parties ligneuses de l'écorce qui recouvre le lin ou le chanvre dans leur état brut, et deuxièmement de peigner et carder, ou diviser les fibres de la filasse qu'on dispose pour être filée en fils de caret.

Les fig. 1432 et 1433 représentent la machine à espader dans différentes positions.

La fig. 1432 la montre vue de face. La fig. 1433 en coupe.

Les parties essentielles de la machine, et celles qui constituent spécialement l'invention, sont deux paires de batteurs tournants, formés tous deux de longues lames fixées sur des montants. Ces lames des batteurs *a*, *a*, peuvent être faites de bois dur ou de toute autre matière convenable; elles sont larges et minces et légèrement arrondies sur leurs bords, afin d'empêcher qu'elles ne coupent les filaments de lin ou de chanvre lorsqu'elles les frappent.

Les deux lames sont placées parallèlement l'une à l'autre et montées sur un châssis hexagone. Les bras du montant *b*, *b*, sont inclinés ou forment un angle obtus avec les lames, et à leur centre se trouvent les axes *c*, *c*, sur lesquels les batteurs font leur révolution.



1432. 1433.

Les axes des deux couples de batteurs sont fixés dans des boîtes de plomb, et portant sur des barreaux d'appui placés aux extrémités de la machine, tels qu'on les voit dans la fig. 1432. Ils sont à une distance l'un de l'autre telle, que les montants des battants de chaque couple puissent passer alternativement entre ceux de l'autre couple à mesure que les deux couples tournent en sens contraire, ce qu'ils peuvent faire sans se toucher par suite de l'inclinaison de leurs montants.

A l'une des extrémités de l'axe de chaque couple batteur on a fixé une roue dentée *d*. Ces roues sont de même diamètre; elles engrènent l'une dans l'autre, ce qui oblige les batteurs à tourner d'une vitesse égale dans des directions opposées; elles reçoivent les mouvements de rotation au moyen d'une courroie et d'une roue conductrice fixées sur l'un des axes, et afin que les batteurs en tournant ne viennent point à se toucher en passant, les deux couples sont disposés de manière que les lames de l'un soient dans la position horizontale.

Le brin, ou l'écorce du lin ou du chanvre, ayant été préalablement broyé d'après l'une des méthodes ordinaires employées dans ce but, on l'étale en rubans ou petites bandes, dont on insère l'une des extrémités entre

Digitized by Google

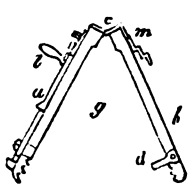
les mâchoires des crampons destinés à les tenir suspendues.

Ces crampons diffèrent beaucoup de ceux que l'on emploie ordinairement ; nous allons par conséquent en faire une description particulière avant de dire comment ils servent pendant l'opération.

Les fig. 1434 et 1435 montrent le dessin d'un de ces crampons dans deux positions différentes. *a* et *b*, sont deux planches réunies ensemble par une charnière *c*, placée dans le haut, laquelle leur permet de s'ouvrir et de se fermer.



1434.



1435.

Leurs extrémités inférieures, formant les mâchoires des crampons (des espèces de tenailles), sont entaillées en forme de dents; c'est entre ces entailles qu'on introduit les extrémités des bandes de filasse de lin ou de chanvre, lesquelles se trouvent ainsi solidement maintenues lorsqu'on serre les deux mâchoires. *d*, *d*, sont deux parties saillantes sur la planche *b*, aux extrémités desquelles sont des trous indiqués par des points ; et sur le dos de la planche *a* (voyez fig. 1434) se trouve un levier à double bras *e*, lequel tourne autour de la cheville fixe *f*, et porte deux coins circulaires *g*, *g*. Ces coins entrent dans les trous des deux pièces *d*, *d*. Lorsque les mâchoires sont rapprochées ils arc-boutent celles-ci solidement sur la partie supérieure de la planche *a* ; il y a un arc de cercle à crochet *h*, qui tourne autour du clou *i*, et qui est poussé de haut en bas par le ressort *k*. Ce crochet reçoit l'extrémité du levier *e*, et maintient par conséquent solidement les coins circulaires dans leurs trous ; par là les mâchoires des crampons sont retenues fortement serrées l'une contre l'autre, sans courir risque de s'ouvrir par les mouvements de la machine.

Lorsqu'on veut les ouvrir, on soulève le crochet *h* et on pousse de côté le levier *e* au moyen de son manche *l*, lequel fait sortir les coins circulaires *g*, *g* des trous *a*, *a*, et les planches se séparent immédiatement. Afin de pouvoir suspendre ces crampons à la machine, on a fixé un morceau de tôle *m*, recourbé à angles droits, au dos de la planche *b*, ainsi qu'on le voit dans la fig. 1435, ce qui forme une rainure au moyen de laquelle les crampons peuvent glisser dans la machine et s'y maintenir suspendus.

Lorsque ces crampons ont été garnis de filasse on les place sur la machine à espader, ainsi qu'on le voit en *e*, *e*, *e* ; dans les fig. 1432 et 1433 ils portent sur le taillant la barre *f*. Les batteurs sont alors mis en mouvement, ainsi que nous l'avons déjà décrit; les bords de leurs lames battent contre les bandes de filasse de lin ou de chanvre, qu'elles frappent alternativement de chaque côté ; elles en secouent la paille et les parties ligneuses, et les rendent propres à subir l'opération du peignage qui doit suivre.

Toute la machine est entourée de planches afin de se garantir de la poussière, et l'on peut y adapter un ventilateur pour la chasser au dehors.

Cardage des étoupes. Quel que soit le mode de peignage adopté, qu'il ait été exécuté complétement à la main, ou partie à la main et partie aux machines que nous venons d'indiquer, il y a toujours certain déchet qu'on évalue moyennement de 5 à 6 pour 100, provenant de la poussière des corps étrangers, qui constitue une perte réelle. Les 94 à 95 pour 100 du poids que livre le peignage se divisent en lin peigné, qu'on désigne sous le nom de longs brins, et en 25 à 30 pour 100 d'étoupes. Ainsi donc 100 kilogrammes de lin avant le peignage donnent après :

En longs brins de	65	à	60
Étoupes.	30	à	34
Déchet.	5	à	6
	100		100

Les étoupes sont portées à des machines à carder qui ne diffèrent de celles employées pour la laine que par les dimensions des cylindres et la grosseur des dents qui leur sont généralement supérieures, et par la forme des dents qui sont plus droites et plus disposées à produire un travail qui tient, pour ainsi dire, le milieu entre le cardage et le peignage. Pour être mieux approprié aux étoupes, qui participent aux filaments discontinus par leur peu de longueur, et au lin par la direction rectiligne des fibres, on a construit, dans ces derniers temps, des cardes à étoupes ayant des dimensions extraordinaires, et disposées de façon à séparer les étoupes en quatre classes à leur sortie de la machine, afin de pouvoir les classer en autant de qualités.

Ces machines, qui commencent seulement à entrer dans la pratique, ont été décrites avec beaucoup de détails dans l'intéressante publication de M. Armengaud aîné.

A la sortie des cardes, les étoupes sont livrées sous forme de rubans, toujours comme cela se pratique, pour le cardage de la laine. Ce sont ces rubans, qui sont ensuite préparés pour le filage par les mêmes moyens, qu'on emploie pour les longs brins.

Étalage. Pour transformer le long brin en ruban, il faut avoir recours à une machine spéciale qu'on nomme *machine à étaler*.

Les figures 1436, 1437 et 1438 offrent les principes d'une machine construite dans ce but. Ici se trouvent deux rangs de peignes placés à côté l'un de l'autre. Quoique l'on n'en voie qu'un dans le plan (fig. 1439), on l'a fait ainsi, afin de laisser voir les parties de la machine qui se trouvent cachées sous l'autre peigne. On place le lin dans les guides en tôle *a*, *a*, où on l'engage une poignée après l'autre, de manière que les bouts de la deuxième poignée correspondent seulement au milieu de la première; ce qui permet d'obtenir une épaisseur de ruban toujours uniforme. Cette manière de procéder est nécessaire, puisque, comme chacun sait, les poignées de lin peigné sont toujours épaisses vers le milieu et minces aux extrémités. Le lin étant introduit entre les rouleaux *b* et *c*, est attiré par l'effet de leur mouvement, et il est en même temps subdivisé par l'action des peignes *d*, entre les dents desquels les pinnules du rouleau *e* le passent et le font pénétrer. Arrivé aux rouleaux f^3, il est détaché des peignes par les tiges transversales, qui se soulèvent au moyen des ressorts *g*, et là il est saisi de nouveau par les rouleaux *h*, *i*, qui l'entraînent avec eux. Arrivé un peu au-delà de ces rouleaux, il passe au travers d'un entonnoir *l*, afin de rapprocher les filaments les uns des autres. En avant de ces mêmes rouleaux, les rubans des deux rangs de peignes se réunissent et ne forment plus qu'un seul ruban, qui passe au travers de l'entonnoir de cuivre poli placé en ce point.

Les rouleaux *m*, *n*, étendent le ruban, en le comprimant légèrement, et le laissent ensuite tomber dans un pot de fer-blanc. La réunion des deux rubans partiels contribue à rendre le ruban total plus uniforme, puisque par là les irrégularités de l'épaisseur se trouvent compensées.

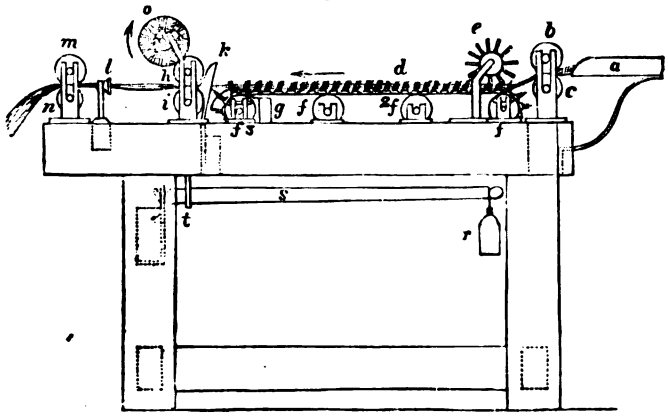
Le diamètre du rouleau *c* est égal à celui de chacun

Digitized by Google

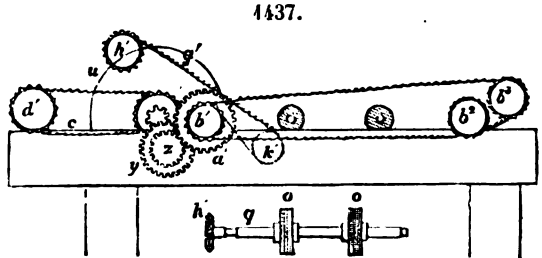
des cylindres f, f^1, f^2, f^3, et les cinq rouleaux se meuvent d'une même vitesse.

Le même rapport existe entre les rouleaux n et i. Aussi le ruban n'est étiré ni pendant son passage sur le

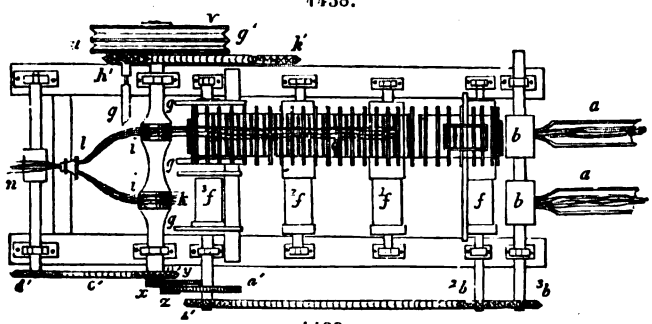
1436.



1437.



1438.



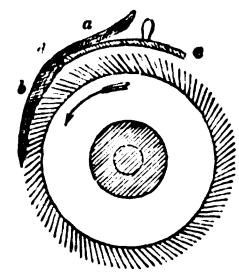
1439.

peigne, à partir de e, ni dans l'intervalle qui sépare i de n; il l'est seulement en passant des peignes entre les rouleaux i, h. Dans cette machine, les dents des peignes ne sont point placées perpendiculairement; mais elles sont courbées un peu en arrière, de manière à retenir le lin avec plus de sûreté.

La brosse cylindrique tournante o, est placée au-dessus, et un peu en avant du rouleau de pression h, afin de lui enlever tous les filaments qui sont restés adhérents à sa circonférence, et de les rejeter en avant, où ils puissent être encore réunis aux rubans qui circulent. Pour apporter plus de clarté dans la description, on n'a mis ni les rouleaux h, ni les brosses dans la figure 1439; mais ces dernières se voient à part dans la figure 1436 : on peut même apercevoir une portion de leur axe q dans la figure 1438. La pression du cylindre h sur le cylindre i, se fait au moyen du poids r (figure 1436), lequel est suspendu sur le levier s.

Le levier tire de haut en bas en t une ligne verticale, dont l'extrémité supérieure courbée en forme de croc enjambe l'axe de h au milieu de sa longueur.

Des perfectionnements apportés par M. Wordsworth à la machine destinée à préparer, à étirer, et à disposer régulièrement et parallèlement les filaments de lin et de chanvre, ceux de la laine et de toutes les autres matières fibreuses, consistent dans un nouveau mécanisme fait pour être adapté à la machine généralement connue sous le nom de Gill, et permettant de dégager la filasse, lorsque ce mécanisme a produit son effet, sans qu'elle puisse entraîner des filaments avec elle.



1440.

On verra de quelle manière on obtient ce résultat, en jetant les yeux sur les diverses figures qui représentent, sous différents aspects, une Gill perfectionnée.

La figure 1441 en donne le plan horizontal, et représente la surface supérieure de la machine; la figure 1442 en est la section longitudinale prise au milieu de l'appareil. La figure 1443 en représente la face antérieure; mais on en a retranché plusieurs parties, afin de pouvoir indiquer plus clairement le mode d'action des peignes.

Les peignes a, a, a, sont formés d'une série d'aiguilles ou dents implantées dans un barreau de métal, ainsi qu'on les a représentées sur une plus grande échelle dans les figures 1444, 1445, 1446, 1447, 1448 et 1449. Chacun de ces barreaux se trouve suspendu sur un châssis ou berceau b, b, b, (représenté sous deux points de vue par les fig. 1446 et 1447), au moyen de deux leviers articulés c, c, qu'on a représentés dans deux différentes positions sur la figure. On voit le barreau garni de pointes, ses leviers et son châssis réunis ensemble dans les fig. 1448 et 1449.

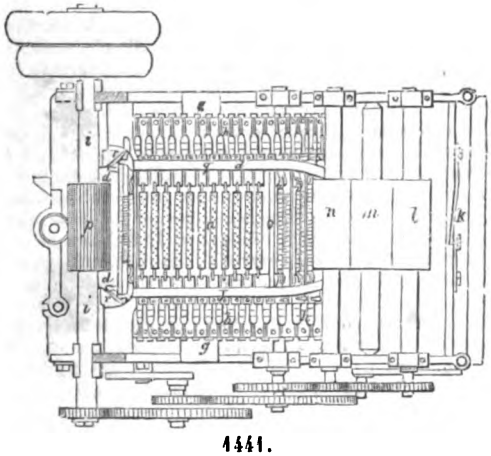
Lorsque les peignes sont mis en action, les pointes sont soulevées, comme dans la figure 1448; et lorsque celles-ci doivent être retirées des filaments, elles s'abaissent et plongent dans leurs châssis, comme on le voit par la figure 1449.

Ces deux positions des peignes sont obtenues au moyen des boutons qui font saillie, lesquels font partie des leviers articulés c. Ces boutons sont mis en action par la pression des bords des rails qui leur servent de guides, comme il sera expliqué lorsque nous décrirons les opérations de la machine.

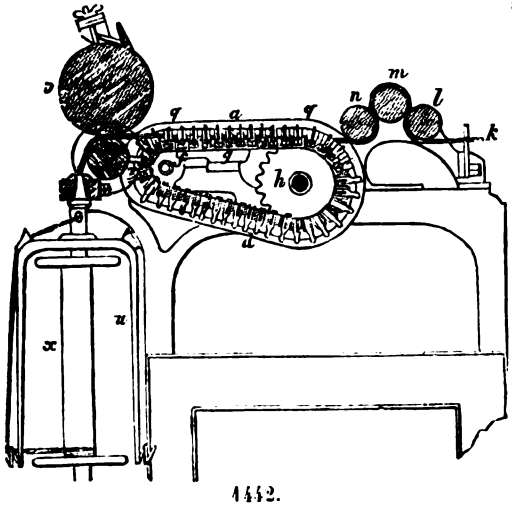
On adapte l'ensemble des peignes à la machine, et on les met en état de fonctionner, en attachant les extrémités de leurs châssis respectifs b, aux chaînes sans

Digitized by Google

fin *e*, *e*, qu'on voit dans les figures 1441, 1442 et 1443. Ces chaînes sans fin passent sur les cylindres cannelés horizontales *g*, *g*, qu'on voit également mieux dans les figures 1441 et 1442. Les chaînes avec les peignes sont conduites à travers la machine par le mouvement de rotation des roues à éperons *h*, *h*, dont les dents pénètrent dans les espaces ménagés entre les parties cylindriques des châssis *b*, *b*, ce qui leur permet d'entraîner les peignes en avant.



1441.



1442.

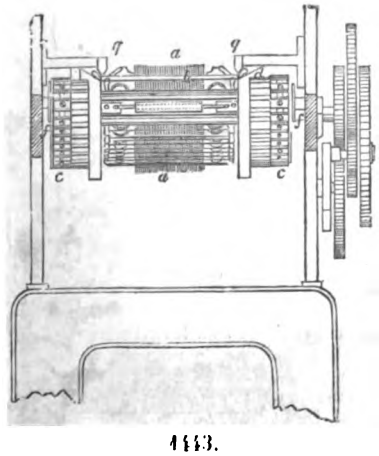
Ces roues à éperons sont à leur tour mises en mouvement par une série de roues dentées que fait tourner l'axe moteur *i*, dont tous les organes de la machine reçoivent l'impulsion.

Si l'on introduit le lin, le chanvre, la longue laine, ou les autres substances fibreuses, par l'arrière de la machine, au moyen d'une toile d'alimentation, et à travers un guide *k*, qu'on aperçoit mieux dans les figures 1441 et 1442, ces matières sont alors conduites au-dessous et au-dessus des peignes *a*, *a*, *a*, pour se rendre entre les laminoirs d'étirage *o* et *p*, et de là à l'ailette et à la bobine, ou bien dans un pot qui leur sert de récipient.

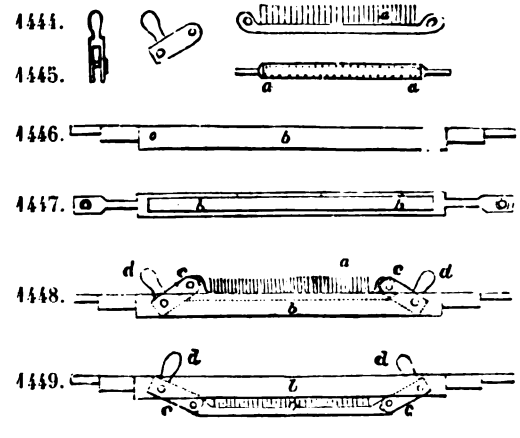
Dans le mouvement, les filaments seront étalés à mesure qu'ils avanceront, et ils seront peignés par l'action des pointes qui les pénètreront et en diviseront les fibres, par la raison que la matière fibreuse se trouve attirée avec une vitesse différente de celle des peignes.

Cette opération, qui a pour but de préparer, d'étirer et de donner une première torsion au lin et au chanvre, et la construction générale d'une machine de ce genre étant bien comprise, il devient inutile d'en expliquer les détails, excepté toutefois ceux qui ont rapport aux parties qui constituent le perfectionnement actuel.

On peut voir par les figures 1441 et 1442 qu'à mesure que les boutons *a*, qui font saillie aux leviers articulés *c*, s'avancent le long de la machine, ils appuient contre les bords extérieurs. Deux rails fixes *q*, *q*, qui servent de guides, lesquels sont placés le long de la partie supérieure de la machine au-dessus des peignes, et maintiennent les pointes des peignes soulevées, comme on le voit dans la fig. 1441. On voit aussi cette disposition d'une manière très distincte dans la fig. 1441, qui représente la machine vue de face, et où le barreau des peignes supérieurs *a*, se trouve soulevé dans son châssis *b* par les boutons *d*, *d*, qui s'appuient contre les bords extérieurs de ces rails directeurs *q*, *q*. Mais lorsque les chaînes sans fin *e*, *e*, qui supportent et conduisent les châssis des peignes, ont fait avancer les pointes de ces derniers jusqu'à une petite distance des laminoirs d'étirage (voyez fig. 1442),



1443.



les *f*, *f*, qui les guident, et qu'on voit mieux dans les figures 1442 et 1443; elles passent aussi sur les barres alors les boutons *d* des leviers articulés qui se trouvent à chaque extrémité du barreau-peigne dépassent

Digitized by Google

les extrémités des guides q, q, et se trouvent immédiatement en contact avec deux plans inclinés r, r (voyez fig. 1441 et 1442), lesquels pressent instantanément les leviers c, et forcent par là le barreau-peigne a à descendre avec ses pointes dans le châssis b, tout en retirant ces pointes des filaments de la matière soumise à leur action, et en exécutant ce mouvement de retrait dans une direction perpendiculaire.

Les peignes, qui ont été abaissés, passent avec leurs châssis au travers de la chaîne sans fin, le long de la partie inférieure de la machine; lorsqu'ils arrivent à l'arrière de celle-ci, et aussitôt qu'ils commencent à remonter, les rails guideurs q, q, se trouvant légèrement courbés à leur origine conduisent les boutons b des leviers c jusqu'à ce que ceux-ci soient forcés de revenir dans leur position primitivement décrite; ce qui oblige les pointes des peignes à se soulever, à mesure qu'elles arrivent à la partie supérieure de la machine pour y produire leur effet.

Lorsque la matière fibreuse a subi l'action des peignes, ainsi que celle des laminoirs d'étirage, entre lesquels elle passe, elle peut être tordue ou filée au moyen d'une bobine et d'une ailette, comme l'indique la figure 1442, ou bien on la reçoit dans un pot de fer-blanc pour être tordue ou filée par une autre machine. On substitue alors à la bobine et à la broche à ailette deux laminoirs conducteurs, qui amènent le ruban dans le pot de fer-blanc placé par-dessous.

La descente des peignes a dans leurs châssis b, produite par la chute des leviers c, c, exclut la possibilité que les filaments sur lesquels les peignes viennent d'opérer soient entraînés par les dents de ces derniers au-dessous de la machine, comme cela arrive fréquemment dans les Gill construites à la manière ordinaire.

Ce système de montage de peignes, et cette manière de faire agir sur eux les rails-guides q, q, ainsi que les plans inclinés r, r, permettent d'amener leurs pointes beaucoup plus près des laminoirs d'étirage o, p, à cause de la chute ou du retrait que font au-dessous du centre de la chaîne sans fin $e e$, les barreaux de métal, dans lesquels les pointes ou aiguilles sont implantées, sont représentés figures 1442 et 1443.

Cette disposition permet ainsi de préparer et d'étirer les diverses qualités de lin, de chanvre, de laine, et les autres matières filamenteuses, particulièrement celles dont le brin est plus court que celui des substances fibreuses, qui avaient été jusqu'alors soumises au travail de la machine ou de la Gill ordinaire.

Il y a un autre perfectionnement très ingénieux et très efficace, qui a été appliqué dans ces dernières années à la filature mécanique du lin; c'est celui pour lequel MM. Westley et Lawron ont pris un brevet au mois d'août de 1833, et qui a été depuis mis en application avec un grand succès; il s'adapte aussi à la Gill, employée à ouvrir, à régulariser et à séparer les filaments de lin, de chanvre et de longue laine, dans l'opération qui a pour but de les former en rubans. (Nous ne parlons ici de la laine que pour conserver le texte des brevets anglais.)

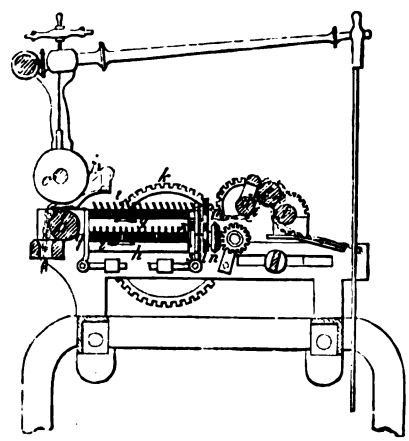
Le caractère particulier de ce perfectionnement consiste dans une méthode différente de faire marcher les barreaux-peignes à travers la machine, au moyen de vis sans fin ou de tiges avec filets en spirale, au lieu de chaînes ou de roues à éperons, comme dans la première construction.

Les barreaux de peignes qui sont placés en travers dans la machine sont, d'après le système des brevetés, soutenus à leurs extrémités par des rails-guides fixes, qui sont établis horizontalement, et sur lesquels ils glissent, tandis que les extrémités de ces mêmes barreaux s'insèrent dans les pas de l'hélice pratiquée sur les barreaux établis horizontalement sur les côtés de la machine. Il en résulte qu'en imprimant un mouvement de rotation à ces barreaux en spirale, ceux-ci entraînent les barreaux-peignes, le long des rails, d'un mouvement simultanément uniforme.

Lorsque les peignes ont rempli leur office, c'est-à-dire ont peigné et divisé les filaments de la matière soumise à leur action, à mesure que celle-ci s'avance; et lorsqu'ils sont arrivés à la partie antérieure de la machine, ils sont abaissés et mis hors d'état d'agir au moyen de cames tournantes; ensuite, au moyen de leviers-guides, chaque barreau-peigne, lorsqu'il est arrivé à l'extrémité du rail horizontal supérieur, est conduit par-dessous jusque sous le rail horizontal inférieur, qui font leur révolution en sens contraire des barreaux en spirale supérieurs; ce qui fait faire aux peignes un mouvement rétrograde. Enfin, lorsque les peignes sont arrivés à l'extrémité des rails, qui correspond à l'arrière de la machine, ils se trouvent de nouveau sous l'action de cames tournantes, qui les soulèvent et les conduisent encore jusqu'à leurs rails-guides horizontaux supérieurs, où leurs pas de vis s'engrènent de nouveau avec les filets des tiges en spirale; ils sont entraînés en avant comme au commencement.

Par ce moyen, il y a une succession continuelle de peignes qui s'avancent sur les rails supérieurs, dont les pointes opèrent constamment entre les filaments de la matière textile, et qui ont une position verticale assurée pendant toute la durée de leur course.

La figure 1451 offre la représentation horizontale d'une Gill perfectionnée d'après ce dernier système; mais quelques-unes des parties supérieures de la machine en ont été écartées, afin qu'on en pût voir les parties agissantes plus distinctement. La figure 1452 représente une Gill vue de côté, et la figure 1450 en est une section verticale prise longitudinalement. La roue conductrice ou poulie a, est fixée au cylindre antérieur b, ordinairement appelé le lamînoir d'étirage, parce que, lorsqu'il est pressé par le cylindre supérieur de bois c, il entraîne les filaments entre les deux cylindres.



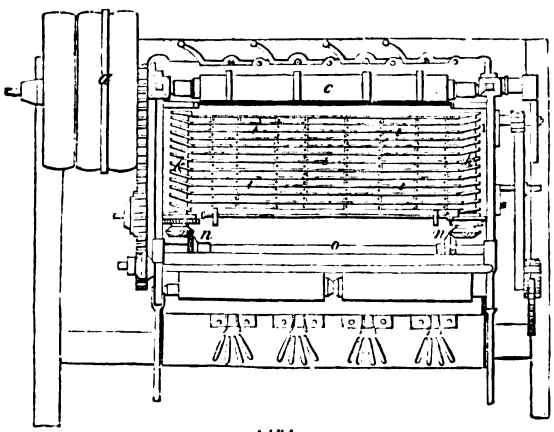
1450.

Les laminoirs d, e, f, sont les cylindres ordinaires de l'arrière ou les laminoirs de retenue, parce qu'ils retiennent, en effet, les fibres lorsque celles-ci éprouvent l'effort de traction des laminoirs b, c, contre les pointes des peignes. On voit en g (fig. 1452) le rail-guide sus-mentionné sur lequel les barreaux des peignes glissent, et l'on voit en h le rail-guide inférieur. La série des barreaux-peignes, garnis de leurs pointes, est indiquée par les lettres i, i.

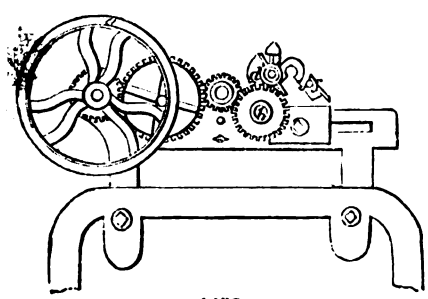
Digitized by Google

Les tiges en spirale supérieure *k*, *k*, sont montées dans des goussets rendus immobiles sur les côtés du châssis; celles de dessous *l*, sont fixées de la même manière.

Ces tiges en spirale sont en communication au moyen de roues dentées *m*, et sur les axes des spirales inférieures se trouvent fixés les pignons d'angle *n*, qui engrènent dans d'autres pignons d'angle correspondants, placés sur la flèche ou l'axe de traverse *o*. Cette flèche *o*, étant en communication avec un système de roues dentées, engrène avec l'axe du cylindre d'étirage *b*, ainsi que l'indiquent les figures 1450 et 1451. Le mouvement de rotation du cylindre *b* fait marcher aussi la flèche *o*, et le système de roues d'angle *n* et *o*, fait tourner les tiges en spirale *k* et *l*, qui se meuvent réciproquement en sens contraire.



1451.



1452.

On peut voir par la figure 1451 que les extrémités des barreaux-peignes *i*, sont des mentonnets qui entrent dans les pas de la vis ou dans le filet de la tige en spirale, et qu'étant soutenus par-dessous par leurs rails guideurs, à mesure que les spirales *k*, *k*, font leur révolution, le rang supérieur des barreaux-peignes progressera vers l'avant de la machine.

En jetant les yeux sur la figure 1450, on verra qu'à mesure que chaque barreau-peigne arrive à l'extrémité antérieure du rail-guide *g*, un gros levier ou came *p*, placé sur l'axe *k*, le fait tomber sur les guides inférieurs *h*, et, afin que sa descente s'opère tout à fait verticalement, des leviers à poids *q*,*q*, placés sur le devant, viennent presser contre la face antérieure des barreaux-peignes, à mesure que celui-ci descend. Ce barreau, étant ainsi arrivé sur les rails-guides inférieurs *h*, fait entrer ses extrémités dans le pas des spirales inférieures *l*, dont le mouvement de rotation fait rétrograder le barreau-peigne, c'est-à-dire le fait revenir vers l'arrière de la machine. Lorsque le barreau-peigne est ainsi parvenu à l'extrémité postérieure du rail-guide *h*, une autre came *r*, placée sur la spirale inférieure, vient se placer au-dessous de lui et le soulever, guidé qu'il est encore ici par les leviers à poids de l'arrière *s*, ainsi que l'indique la figure 1450, jusqu'à ce qu'il ait atteint le niveau du rail guideur supérieur *g*, où les filets des spirales supérieures donnent entrée à ses extrémités, et l'entraînent en avant sur le rail guide, ainsi qu'on vient de le décrire.

C'est ainsi que le mouvement de rotation continue des spirales *k*,*k*, et *l*,*l*, fait marcher toute la série des barreaux-peignes le long des guides, et que les cames *p* et *r*, en les abaissant et en les soulevant alternativement lorsqu'elles arrivent aux extrémités des rails, font faire à ces barreaux-peignes un circuit régulier tout en leur conservant une position toujours verticale.

Le but des brevetés est d'appliquer leurs systèmes dans tous les cas où une vis sans fin ou des spirales pourront être adoptées pour conduire les barreaux garnis de dents de peignes à travers toute machine destinée à préparer, à étirer ou à tordre des fibres textiles.

Filage en gros ou dernière préparation. Lorsque les rubans formés par les machines à étaler et les machines à étirer sont arrivés à une certaine finesse, qui n'est cependant pas la limite encore qu'il faut atteindre, et qu'ils deviennent trop minces pour pouvoir continuer l'étirage sans le rompre, et trop longs pour les recevoir dans les pots, sans les mêler et causer du déchet; il faut leur imprimer un léger degré de torsion pour augmenter leur cohésion et la résistance de l'étirage, et remplacer les pots par des bobines autour desquelles ils viennent s'enrouler aussi uniformément que possible. Les métiers dits bancs à broches sont destinés à cet effet.

On voit que la nature des opérations que nous avons décrites pour le lin, depuis le peignage jusqu'ici, sont identiques à celles employées dans les mêmes conditions pour le coton; il n'y a de différence que dans les modifications apportées dans les machines.

Dans le travail du coton pour la formation, l'étirage et le doublage des rubans, les cylindres seuls convenablement réunis suffisent. Pour le lin, il faut, en outre de tous les éléments usités dans les machines à coton, les additions des peignes ou Gill pour continuer l'étirage et maintenir le parallélisme des fibres entre les cylindres qui doivent être beaucoup plus écartés à cause de la plus grande longueur des brins. La présence de ces peignes ou Gill, qui constitue la véritable invention qui caractérise l'invention des machines à lin, est due également à Philippe de Girard.

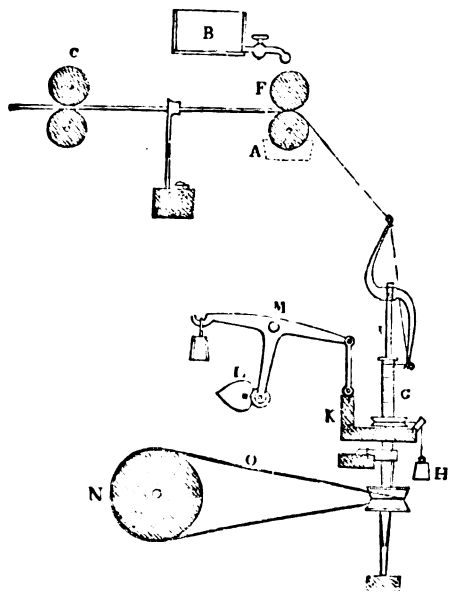
La même modification des peignes va se représenter pour le banc à broches pour lequel il est indispensable d'avoir le jeu des peignes pour ne pas rompre ou déformer le ruban; on voit par conséquent que le banc à broches, ici, ne diffère absolument des machines à étirer que par la substitution des bobines et broches aux pots dans lesquels tombaient les rubans précédemment.

Le nombre de broches des bancs à broches pour le lin est bien moindre que celui des mêmes machines pour le coton, ce qui a permis de simplifier la communication de mouvement de la bobine qui est si ingénieux, mais si compliqué dans les machines à coton.

L'enroulement uniforme du ruban sur toute la hauteur de la bobine, dans les machines à lin, a lieu par un mouvement de va-et-vient imprimé par un excentrique L, par l'intermédiaire d'un levier M (fig. 1453), à une plaque *k*, sur laquelle repose la bobine qui reçoit le fil à la sortie de la broche r, qui le tord par son mouvement de rotation.

Digitized by Google

Le mouvement de rotation des broches leur est donné par le tambour N qui porte la corde *o*, qui embrasse la gorge de la petite poulie ou noix *p*, que porte la broche.



1453.

La bobine porte à sa base une autre petite poulie autour de laquelle est enroulée une ficelle qui porte un petit poids H, qui sert à retarder le mouvement de la bobine à mesure que son diamètre augmente par l'enroulement du ruban de façon à régulariser autant que possible le mouvement de la bobine.

Le fil se trouve doublé ici comme cela a lieu au travail des bancs à broches pour le coton (1).

Les rubans enroulés sur les bobines sont portés aux métiers qui ont pour but de finir le fil. Ces métiers ne sont plus garnis de peignes pour guider le fil; le doublage n'a plus lieu. Ces machines portent spécialement le nom de *métiers à filer*.

Les métiers à filer le lin sont aujourd'hui de deux sortes : Les *métiers à filer à sec* et les *métiers à eau chaude*.

Les premiers servent spécialement à filer les fils communs et grossiers dont la finesse ne dépasse pas le n° 25 du *titrage* des fils de lin.

Le métier à eau chaude sert aux fils qui dépassent le n° 25. Cette finesse est obtenue par l'intermédiaire de l'eau chaude.

On opérait naguère encore le filage à l'eau froide pour les numéros intermédiaires, mais on ne paraît pas avoir trouvé d'avantage par cette méthode; nous nous bornerons donc à la description des deux systèmes que nous venons d'indiquer.

Le filage, soit en gros, soit en fin, a lieu pour le lin sur des métiers qui, pour la disposition et les organes mécaniques, ont la plus grande analogie avec les métiers dits continus, employés dans certain cas pour filer le coton; la seule modification importante consiste dans l'emploi de l'eau chaude pour les fils de lins fins. Le fil passe dans une eau chauffée à une certaine température avant de s'enrouler sur la bobine

C'est encore à Philippe de Girard qu'est due la première idée de l'application de l'eau chaude pour pouvoir arriver au filage en fin.

Les causes qui ont motivé l'emploi de l'eau chaude se trouvent clairement indiquées dans la description du brevet d'invention pris par de Girard au mois de juillet 1810, et publié dans le Recueil des Brevets expirés, tom. XII, page 114. Nous ne saurions mieux faire que de laisser parler l'inventeur lui-même en donnant l'extrait suivant de la description de son brevet :

« Les brins de lin ne sont qu'un assemblage de petites fibres collées l'une contre l'autre, se recouvrant mutuellement et dont les plus longues n'ont guère que 9 à 10 centimètres de longueur, et la plupart beaucoup moins.

« La substance qui unit ces fibres peut être facilement enlevée par divers agents. L'eau pure la ramollit et la dissout avec le temps, surtout si l'air se joint à son action.

« Les lessives alcalines chaudes l'enlèvent presque constamment; il suffit même de plonger un brin de lin dans une parcelle de lessive pour le rendre divisible presque à l'infini. Si après cette opération on le tire par ses deux extrémités, on le sépare sans effort sensible en deux parties qui glissent l'une sur l'autre avant de se séparer, et qui se terminent en pointes très effilées. En saisissant l'extrémité d'une de ces pointes et en tenant le reste du brin à $0^m,10$ ou $0^m,12$ de distance, on retire une fibre extrêmement fine, qui quelquefois peut se diviser encore de la même manière que le brin primitif. En continuant ces divisions, on obtient enfin des fibres presque imperceptibles, qu'on ne peut plus diviser qu'en les cassant, et qui opposent une résistance beaucoup plus grande qu'on ne l'avait attendue de leur ténuité. On s'aperçoit alors qu'on est arrivé aux fibres que l'on pourrait appeler *élémentaires*, et qui n'ont que de $0^m,04$ à $0^m,06$ de longueur.

« La facilité avec laquelle les parties d'un même brin glissent les unes sur les autres avant de se séparer, leur ténuité extrême, et par conséquent leur multiplicité, offrent le moyen d'étirer, d'allonger presque indéfiniment un brin sans le casser, et à plus forte raison un assemblage de brins. La forme des fibres élémentaires paraît faciliter le succès de cette opération. Leurs extrémités effilées sont propres à rendre leur jonction convenable et à être retenues dans le fil, tant par l'effet de l'entrelacement que par celui de la torsion.

« Si l'on prend un fil quelconque, pourvu qu'il ait été lessivé, qu'on en détourne un bout de $0^m,10$ à $0^m,12$, qu'on essaie de le casser, il n'oppose qu'une très petite résistance; si on le mouille, en répétant l'expérience, la résistance devient absolument nulle, ce qui prouve que celle qu'on éprouvait d'abord n'était qu'un frottement des fibres entrelacées et tortillées; l'humidité en les rassemblant les redresse, et fait cesser cette résistance.

« Telle est la base sur laquelle repose le nouveau procédé. »

On voit toute la théorie sur laquelle le premier inventeur avait basé ses procédés, qu'il exécuta en conséquence, comme il est facile de s'en convaincre, par les plans joints au même brevet. Depuis lors la filature fine du lin s'est constamment faite à la décomposition par l'emploi de l'eau chaude, mais la dépense de ce mode de filage, les inconvénients qu'il entraîne naturellement en ont fait limiter l'emploi aux numéros élevés.

Le filage à sec s'est maintenu pour les numéros ordinaires.

Mais il est facile de se convaincre que ni l'un ni l'autre de ces deux modes de filage n'est arrivé à la perfection.

Le filage en gros qui a lieu sur un ruban qui n'est plus soutenu par les peignes, ni agglutiné par l'eau chaude, se file irrégulièrement, parce que l'étirage se

(1) Lorsqu'on a besoin de bancs à broches avec un plus grand nombre de broches, on emploie les bancs à broches à mouvement différentiel décrits pour le coton.

Digitized by Google

fait sur une distance trop éloignée sans être maintenue; comme les filaments ne sont qu'enchevêtrés, ils se séparent facilement aux points les moins soutenus, et par conséquent à ceux qui s'écartent le plus des points d'appui ou cylindres étireurs; aussi les produits fournis par ces métiers sont-ils très imparfaits et loin de pouvoir rivaliser pour la force et la régularité avec les fils produits à la main.

Quant aux fils produits par l'eau chaude, ils ont, il est vrai, un aspect plus régulier que ceux filés au rouet, mais ils sont en réalité moins résistants, et l'on n'est d'ailleurs parvenu encore à pousser leur finesse très loin; tous les fils extra fins pour la belle batiste et les dentelles se filent encore à la main et conservent un aspect brillant qu'il a été impossible jusqu'ici d'obtenir pour les fils à la mécanique.

Ces raisons d'imperfection du filage du lin par les machines qui ne sont pas controversées a donné lieu à de nombreuses recherches et à bien des tentatives pour améliorer les procédés en usage; elles ont presque toutes échoué. Jusqu'ici une seule cependant vient de prendre naissance et paraît être appelée à un long et brillant avenir, nous voulons parler de l'importante modification apportée au filage à sec par MM. Decoster frères.

Avant d'en faire la description, nous croyons devoir dire quelques mots des tentatives qui ont été faites en Angleterre, en 1835, par MM. Hope et Dew Hurt, dans le but d'améliorer le filage. Leurs moyens étaient à la fois de nature chimique et mécanique. Le moyen chimique consiste à faire séjourner le lin dans une dissolution d'acide sulfurique d'une certaine force et pendant un certain temps proportionné à la qualité de matière fibreuse ; le lin le plus grossier exige une action plus intense.

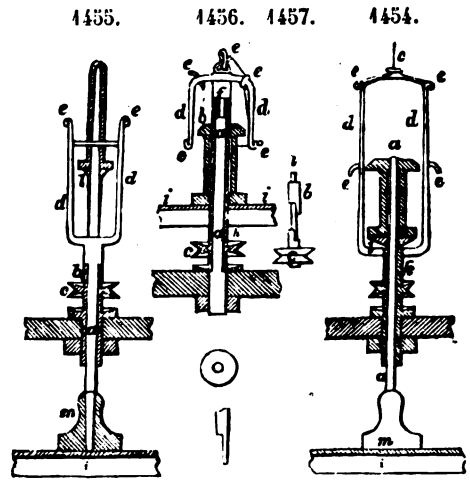
La matière gommeuse et l'écorce extérieure du lin se trouvent dissous par ce moyen, et se détachent facilement. On doit ensuite faire passer le lin entre des cylindres de compression, le rincer avec soin, et le faire bouillir dans une dissolution de savon et d'eau pendant quelques heures, et finalement le faire passer de nouveau entre les cylindres. On doit répéter ces opérations jusqu'à ce que le lin ait acquis le lustre qu'on désire, et que les fibres se soient séparées les unes des autres. Ensuite on le bat et on le passe une fois ou deux sur un peigne ordinaire ou sur une brosse rude.

La deuxième partie du procédé des inventeurs ou leur moyen mécanique est représenté par les fig. 1454 à 1458. La fig 1454 offre une section en élévation d'une partie de la construction de la broche, de la bobine et des ailettes proposées pour filer toute sorte de lin ou de chanvre. La fig. 1455 représente l'instrument destiné à filer les tors les plus grossiers ; la fig. 1456 montre comment on doit filer les fils de trame et comment ils doivent être enroulés sur ce qu'on appelle une bobine à canettes.

a a, est la broche ou axe fixe de la throstle ou métier continu ordinaire, laquelle est entourée du tube *b b*, et fixée à la poulie *c*, par laquelle l'ailette *d* est entraînée; l'ailette est aussi munie d'une petite tige centrale qui la supporte, et qui circule dans un petit creux pratiqué au sommet de la broche stationnaire *a*; elle se trouve fixée avec l'ailette au tube *b b*, lequel est entraîné avec tous ses accessoires par le mouvement de rotation que lui imprime la poulie *c*.

On peut voir par la fig. 1458 que la poulie *e* et le tube *b* s'adaptent ensemble vers leurs bases au moyen de deux demi-emmanchements; c'est afin de pouvoir faire glisser de bas en haut le tube *b* sur la broche et de pouvoir enlever plus promptement la bobine lorsqu'elle est chargée de fil, sans avoir besoin d'arrêter toute la broche, de retirer le fil de la poulie *e*, dont le tube tourne dans le trou ou godet *h* fixé sur la traverse d'appui près de la base du métier continu. Le passage de la bobine par le haut s'effectue exactement de la même manière que dans les continus ordinaires, c'est-à-dire en soulevant et en abaissant le barreau *i* qui, dans ce cas, supporte la bobine. Dans la fig. 1454 l'ailette est construite de manière à avoir deux fois la longueur de la bobine, afin de permettre à celle-ci de s'élever et de retomber librement dans l'intervalle qu'elle lui offre; elle est retenue au sommet par une mince traverse, afin d'empêcher que les bras de l'ailette ne s'écartent par l'effet de la force centrifuge, lorsqu'elle tourne avec une grande vitesse. L'ailette des broches destinées à filer les gros numéros exige qu'il y ait un tube extérieur *k* pour soutenir la broche.

Les bobines s'appuient sur une rondelle *l l*. La broche est disposée de manière à pouvoir tourner légèrement sur elle-même par le frottement du poids *m m*; on a



pratiqué dans ce poids un trou ayant un de ses côtés aplatis, ainsi qu'on le voit dans la fig. 1458.

Une autre modification avait été proposée par M. Somes Koy de Preston; elle consistait dans la macération de la mèche dans l'eau chaude avant le filage; les fonds des pots qui recevaient les rubans étaient adaptés à des boîtes percées comme des passoires ; ces boîtes plongeaient dans les baquets d'eau chaude; à mesure que les rubans arrivaient des cylindres laminoirs, ils tombaient dans des boîtes où ils étaient tassés par une espèce de piston ou plongeur analogue à ceux employés pour le coton dans certaines filatures anglaises.

Ces procédés n'ont jamais été employés en France, et nous ne pensons pas qu'on leur ait donné suite en Angleterre.

En résumé, nous donnons dans les fig. 1459, 1460 et 1461, les trois systèmes de métiers en présence aujourd'hui dans la filature du lin et du chanvre.

La fig. 1459 représente une coupe verticale des éléments qui constituent le métier à filer à sec.

La fig. 1460, une coupe semblable du métier à eau chaude.

La fig. 1461 donne une coupe verticale aussi du nouveau métier Decoster.

Les fig. 1467 et 1468 sont, la première, une vue de côté, et la seconde une vue de face de ce nouveau métier.

Si nous examinons et comparons les fig. 1459 et 1460, qui donnent les deux systèmes encore généralement employés, nous remarquons que tous deux possèdent une

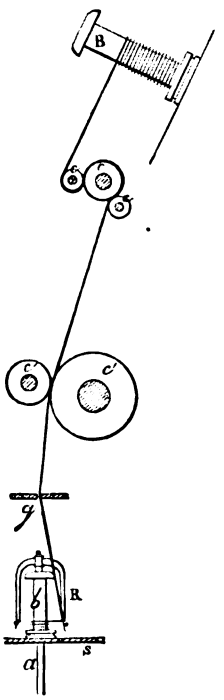
Digitized by Google

bobine B, contenant la mèche de préparation provenant des bancs à broches, le système de cylindre c, c, et c', c', où la mèche se rend pour être étirée entre c et c', à la sortie duquel elle est tordue par les broches R, puis enfin envidée autour du fût ou bobine b.

Nous n'avons pas à répéter comment le mouvement est imprimé à ces différentes parties, en ayant parlé précédemment.

Il n'y a de différence entre les deux systèmes que nous venons de décrire succinctement, que dans la présence de l'auge à eau chaude A, qui se trouve dans le métier à filer en fin et dont le métier en gros est privé, et dans l'écartement entre les cylindres c et c'; on voit qu'il y a un bien plus grand écartement pour le métier à filer à sec que pour le métier à eau chaude.

Cette différence est indispensable; on le comprendra, en se rappelant que cette distance entre les cylindres délivreurs et étireurs doit toujours être réglée suivant la longueur sensible des filaments de la matière à étirer; la raison de la nécessité de conserver ces rapports entre



1459.

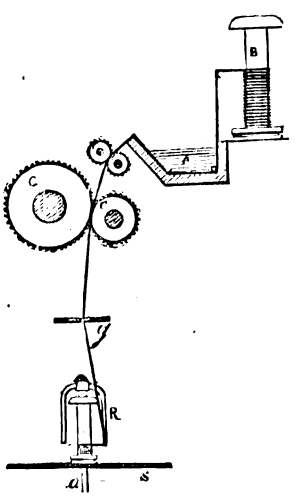
la distance des cylindres et la longueur de la matière première est évidente.

Un ruban ou une mèche de préparation n'est que le résultat d'une quantité innombrable de filaments élémentaires, réunis par des glissements successifs et condensés par la pression entre les cylindres que nous venons de décrire, or si la distance entre ces cylindres était sensiblement moindre que la longueur primitive des fibres, il s'ensuivrait que l'étirage se ferait sur ces fibres déjà suffisamment redressées, et ne pourrait s'opérer que par un allongement forcé de la matière elle-même, ce qui l'affaiblirait nécessairement ou la romprait. Si au contraire le rapport entre l'écartement des cylindres et la longueur des filaments de la matière première est suffisante, l'étirage s'opère par un simple glissement entre eux, tout en évitant les inconvénients dont nous venons de parler.

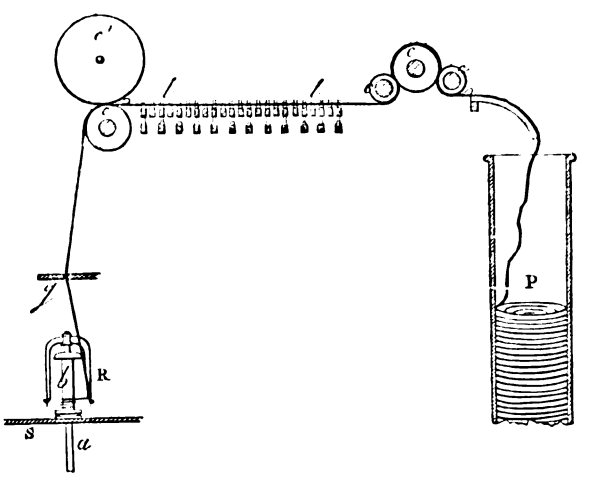
La conséquence de ces considérations a été, pour le filage à sec, l'écartement considérable qu'on remarque entre les cylindres étireurs dans la fig. 1459; mais cette disposition, en faisant en effet éviter ces inconvénients que nous venons de signaler, n'avait pas pu jusqu'ici mettre à l'abri de ceux que nous allons signaler.

Si l'on considère le ruban ou la mèche lorsqu'elle arrive au métier à filer, on remarque que quelque bien qu'elle soit préparée, elle n'est pas encore parfaitement homogène, il existe immanquablement des parties plus ou moins régulières, et plus ou moins disposées à résister ou à se prêter au glissement des fibres, et par conséquent à l'étirage, ce qui est une première cause d'irrégularité; à celle-ci vient s'ajouter celle de la plus grande force qu'il faut employer pour étirer sur une plus grande longueur, qui n'est pas soutenue et n'est qu'imparfaitement homogène. La force étirante ne se transmet pas alors intégralement en tous les points de la masse, et sur tout le trajet que parcourt le ruban, et il en résulte forcément des inégalités dans l'étirage qui donne pour résultat final un fil irrégulier.

Les inconvénients que nous venons de signaler ont toujours été l'écueil de la filature du lin; ils sont tellement sérieux, qu'il a été impossible jusqu'ici de produire des fils au-delà du n° 25 par le système du filage à sec. C'est pour pouvoir pousser la finesse du fil au-delà de ces limites, que De Girard, le premier, eut l'idée de l'emploi de l'eau chaude, afin d'arriver à désagréger les fibres qu'on considérait comme élémentaires, et qui ne sont



1460.



1461.

elles-mêmes qu'une réunion de fibres plus petites, naturellement agglutinées entre elles par une matière que l'eau détruit; mais il paraît que l'on ne peut atteindre ces fibrilles rudimentaires qu'au détriment de leur force, car les fils fins produits de cette façon sont généralement moins solides et moins brillants que ceux produits par le filage ordinaire. On voit donc que ni l'un ni l'autre des deux procédés usités n'est à l'abri des reproches,

Digitized by Google

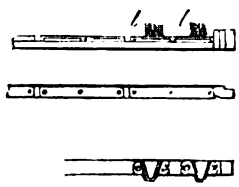
et que nous avions raison de dire que dans l'état actuel des choses, la filature du lin à la mécanique ne paraissait pas être complétement dans le vrai. Ce qui nous fortifie surtout dans cette pensée, c'est de voir que les plus beaux fils de lin, comme les plus solides, sont produits par la modeste fileuse au rouet, sans autre secours qu'un peu d'eau fraîche lorsqu'elle ne se borne pas à la salive.

Voici maintenant le système proposé depuis quelque temps par M. Decoster, et dont nous avons vu des produits aussi remarquables par la solidité que par la régularité.

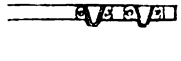
Un coup d'œil sur la fig. 1461, qui représente une coupe verticale de sa machine, nous persuadera promptement que cette machine ne possède aucun élément que nous ne connaissions parfaitement déjà.

Tout le mérite de ce système consiste donc dans son heureuse application. On voit en effet que cette machine possède les cylindres étireurs et la broche que possèdent les systèmes décrits. Toute la modification consiste dans l'établissement des peignes ou Gills *l*, *l*, fig. 1462 et 1463, entre les cylindres délivreurs ou étireurs, pour maintenir régulièrement et parallèlement toutes les fibres de la mèche pendant son trajet entre les points d'étirage : leur distance peut être considérée comme ne

1462.



1463.



1464.



1465. 1466.



dépassant pas celle entre deux peignes successifs. Le résultat immédiat de cette modification a permis de supprimer la préparation au banc à broche, et de soumettre de suite au filage les rubans provenant des têtes d'étirage. Outre les avantages de la perfection du fil, il doit donc aussi y avoir économie de force motrice par la substitution de cette méthode aux précédentes.

Les fig. 1467 et 1468, qui représentent le métier de face et de côté, démontrent que la forme générale et l'emplacement exigé ne présentent rien de particulier.

M. Decoster ne produit jusqu'ici que des métiers pour la filature ordinaire et commune. Par ce nouveau système serait-il impossible d'en tirer davantage ? Nous ne le pensons pas. Il est probable que M. Decoster y apportera de nouvelles modifications, tant dans le but d'arriver à filer des numéros plus élevés, que pour pouvoir établir l'assortiment au meilleur marché possible.

Nous laissons aux personnes compétentes et intéressées dans la question, le soin de s'édifier par elles-mêmes des avantages de ce perfectionnement en examinant les machines et les résultats, comme nous l'avons fait chez l'inventeur, dont l'obligeance est au-dessus de l'éloge que nous pourrions lui donner.

Nous croyons devoir, avant de terminer cet article, ajouter quelques données pratiques sur la composition du mobilier industriel d'une filature mécanique de lin, cette spécialité étant nouvelle encore, et les renseignements de ce genre moins répandus que s'il s'agissait d'une industrie de vieille date.

Une fois que l'on a déterminé la localité et l'emplacement où doit se trouver l'usine, ainsi que son importance, d'après des considérations basées sur la production de la matière première, sur les calculs des frais à faire, sur la facilité des débouchés et la certitude d'obtenir une population ouvrière convenable, toutes questions dont la solution est indispensable pour un établissement de nature quelconque; il faut alors s'occuper de la composition de l'assortiment des machines. Cette composition dépend nécessairement du genre et des quantités de produits que l'on se propose de fabriquer. On sait que jusqu'ici pour la filature du lin il y a d'abord deux distinctions tranchées à établir dans les méthodes du filage, suivant que ce travail doit avoir lieu pour du fil ne dépassant pas une finesse du n° 15 anglais, ou 9,000 mètres au kilogr., et pour les finesses dépassant ce titre. Dans le premier cas, le filage se fait avec des machines qui filent sans le secours de l'eau.

Dans le second cas on file à l'eau chaude.

Le nombre des machines nécessaires à filer la même quantité de matière, dans les deux cas sera différent.

Le filage à sec, ne produisant que des fils ordinaires, peut travailler considérablement plus que le filage à décomposition, qui atteint une finesse plus grande et nécessite une force plus considérable.

Pour donner de suite une idée des résultats du travail à sec et à l'eau chaude, disons qu'on compte généralement que la force d'un cheval mécanique de 75 kilogrammètres, peut faire marcher moyennement de 80 à 90 broches avec tous les accessoires et machines à préparer, et lorsque le peignage se fait totalement à la main, au lieu de se faire en partie mécaniquement comme nous le supposons, on peut compter 100 broches par force de cheval.

Ces 100 broches fileront une quantité très variable de chanvre ou de lin, suivant la longueur des fils qu'elles devront produire par kilogramme.

Voici quelques nombres principaux sur ces variations.

Pour du fil mécanique du n° 6 (1) anglais, 100 broches pourront produire :

Par jour de 12 heures, en défalquant les heures d'arrêt.		90 kilogrammes.
Pour des fils,	n° 12. . . .	48
—	n° 16. . . .	34
—	n° 30. . . .	20
—	n° 60. . . .	10

Ce tableau démontre combien il est nécessaire d'être fixé au préalable sur le genre de fil à produire.

Mais il arrive très rarement qu'une usine n'ait qu'une seule qualité de fil à produire. Les établissements étant montés généralement pour filer les lins qu'offre le com-

(1) On sait que les numéros anglais indiquent la quantité d'écheveaux de 300 yards qui entre dans une livre :
Le yard = 0m,914.
La livre = 0k,375.

Digitized by Google

merce, et qui ne sont que grossièrement peignés, quelquefois seulement les matières sont achetées complétement préparées par le peignage.

Dans l'un ou l'autre cas, la masse de la matière filamenteuse présente assez de choix pour en tirer des fibres de différents degrés de finesse. Cela arrive surtout lorsqu'on doit faire subir un peignage à la fabrique; car alors les brins courts ou étoupes sont destinés à des fils communs.

Il faut donc, dans une manufacture convenablement établie, disposer les machines de manière à pouvoir produire au besoin tous, ou à peu près tous les numéros que réclament les affaires courantes.

L'ensemble de la collection de ces machines est ce qu'on nomme un *assortiment*.

La détermination des appareils composant un assortiment peut, suivant les circonstances, présenter également quelques légères variations, surtout pour ce qui concerne les machines à étirer, suivant qu'on étire et on double plus ou moins; mais nous croyons que la composition suivante sera convenable dans la plupart des cas.

Composition d'un assortiment complet pour peigner le long brin, pour carder les étoupes qui en résultent et les transformer en fil.

Une machine à peigner du système de Girard;

Une table à étaler pour deux rubans, système à vis;

Premier étirage, à deux têtes, à deux rubans, système à vis;

Deuxième étirage, à vis, à deux têtes, à deux rubans par tête;

Un banc à broches, à mouvement différentiel de 30 broches;

Un métier à filer pouvant travailler du n° 16 à 30, de 140 broches;

Deux métiers à filer pouvant travailler du n° 30 à 60, de 154 broches;

Deux dévidoirs pouvant travailler du n° 30 à 60, de 70 broches;

Une presse à faire les paquets.

Machines pour la filature des étoupes.

Une carde de 1m,66 sur 2m, avec 9 débourreurs, 8 travailleurs et 3 cylindres peigneurs;

Premier étirage, à vis, à deux têtes et deux rubans;

Deuxième étirage, à vis, à deux têtes et deux rubans par tête;

Un banc à broches, à mouvement différentiel de 30 broches;

Un métier à filer pouvant donner du n° 6 au n° 12, de 128 broches;

Un dévidoir de 60 broches.

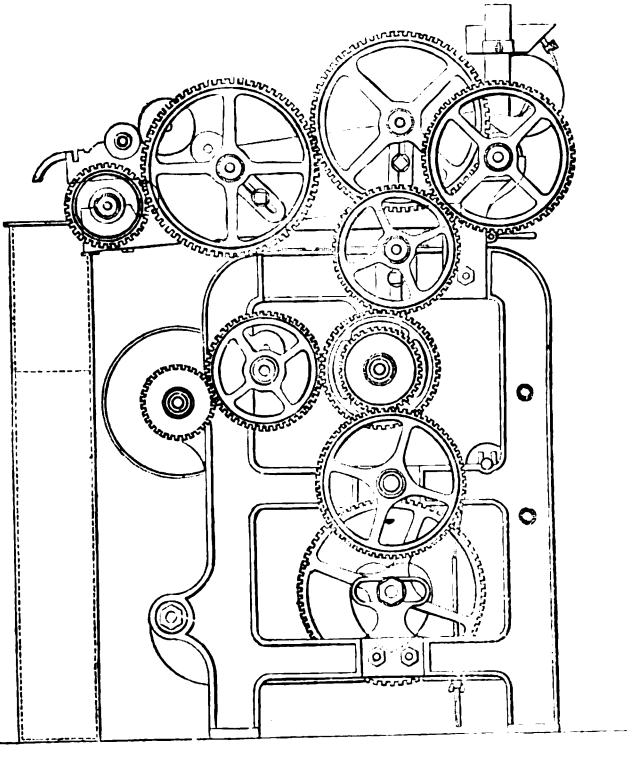
Le personnel d'ouvriers qu'exige chaque assortiment peut être évalué à 3 hommes et 20 enfants.

Connaissant, d'après ce qui a été dit précédemment, le rendement moyen de la matière brute, en filaments à longs brins et en étoupes, sachant, d'après ce tableau, ce qu'une broche peut filer pour une finesse déterminée, il sera facile de déterminer le nombre d'assortiments dont on aura besoin pour arriver à un résultat demandé.

Quant à l'emplacement des machines dans les différents ateliers, il est nécessairement subordonné à l'importance de l'usine : il y a cependant quelques règles fixes à observer dans tous les cas.

Il faut, comme dans toute filature de matières textiles, que les métiers soient coordonnés, de façon à ce que le travail se fasse d'une manière continue, avec le moins d'interruption et de manipulation possibles. Cela est convenable non seulement pour éviter des pertes de temps inutiles, mais aussi afin d'éviter de trop manier la matière et les rubans qui pourraient se déformer.

Il faut, en outre, que l'agencement soit tel que la surveillance soit facile, et la commande des mouvements disposée de manière à présenter le moins de frottement et le plus de régularité possibles.



1467.

On peut diviser l'ensemble de l'établissement en trois parties. La première, comprenant les ateliers du peignage et du cardage qui doivent être disposés suivant que le travail du peignage s'exécute à la main ou à la mécanique.

La seconde renfermant toutes les machines à préparer, telles que tables à étaler et têtes d'étirages; les différents métiers à filer doivent comprendre la troisième. Il faut réserver à chaque partie un cabinet de surveillance pour le contre-maître. Il faut de plus, à la suite des métiers à filer, ménager un emplacement pour le dévidage. Comme les métiers à filer ont besoin de recevoir des tuyaux de vapeur pour chauffer l'eau, on les place assez généralement au rez-de-chaussée, et le service est coordonné de manière à se faire régulièrement de haut en bas des ateliers. On conçoit cependant que l'on ne peut rien indiquer d'absolu dans ces distributions qui dépendent réellement des conditions par-

Digitized by Google

ticulières où l'on se trouve ; il faut, dans chaque cas, faire une étude préparatoire convenable de tous les éléments à prendre en considération dans ce genre de combinaison.

Nous avons dit, en commençant cet article, que l'ancienne méthode de filature au rouet était sérieusement menacée par la filature mécanique. Ce fait pourrait paraître inexact, si l'on ne comparait que le nombre de broches mécaniques qui existent en France à la production des fils à la main.

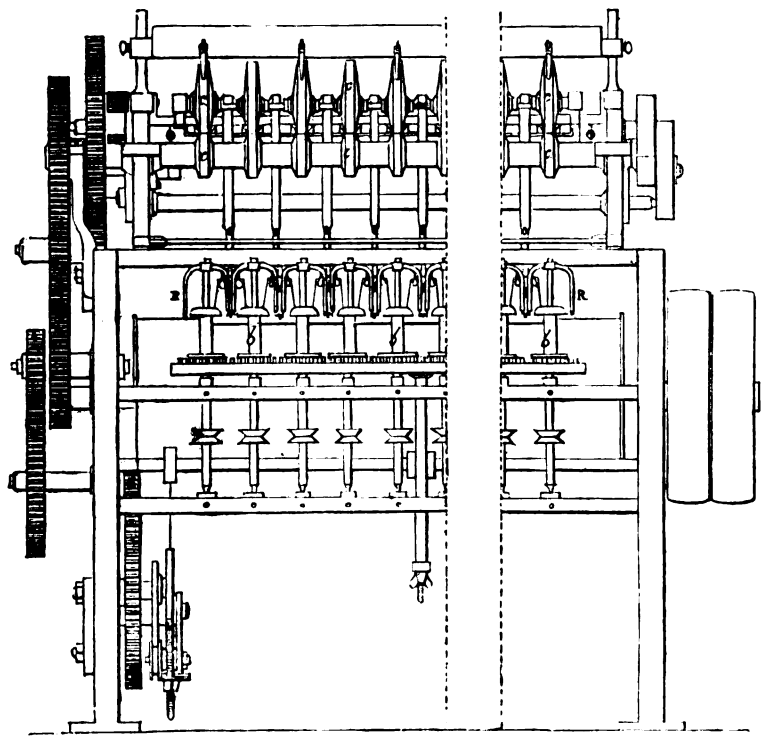
Mais il devient incontestable, si l'on prend en considération le développement progressif de notre filature mécanique, et surtout l'état de cette industrie à l'étranger, qui est tel qu'elle peut lutter avec nos grands établissements, et, à plus forte raison, porter un grand préjudice au travail isolé des ouvriers de nos campagnes. Quelques chiffres statistiques vont prouver ce fait.

Il résulte d'un intéressant travail de M. Charles Schlumberger, publié dans le rapport du jury sur la dernière exposition, que le nombre de broches mécaniques en France a plus que doublé depuis 1839 ; qu'on en compte aujourd'hui 120,000 réparties ainsi qu'il suit :

44 filatures dans les départements du Nord réunissant.	96,650 broches.
3 filatures dans les départements de l'Est, réunissant.	4,500 —
3 filatures dans les départements du Midi, réunissant.	1,000 —
5 filatures dans les départements de l'Ouest, réunissant.	9,250 —
3 filatures dans les départements du Centre, réunissant.	5,600 —

Les chiffres statistiques indiquent d'un autre côté que nous cultivons annuellement :

158,300 hectares ensemencés en chanvre, qui donnent.		65,315,000k
90,200 hectares ensemencés en lin, qui donnent.		34,820,000k
Nous avons importé.	Chanvre 8,600,000	
	Lin 3,840,000	
	12,440,000	
Dont il faut déduire pour exportation.	1,000,000	
Reste. . .		11,440,000k
Ensemble. . .		111,575,000k



1468.

On admet que la marine, la navigation intérieure et différents autres usages, emploient à peu près. 40,000,000k

Reste à mettre en œuvre. . . 71,575,000k

Dont on peut déduire environ 2 p. % pour déchet de peignage et autres.

Resterait donc à transformer en fil de long brin et d'étoupe. 57,260,000k

Nos filatures mécaniques, avec leurs 120,000 broches, produisent au minimum, en chanvre, lin et étoupes, environ. 6,000,000k

Le surplus doit être filé à la main. . . 51,260,000k

Et nous importons, en 1843 :

En fils divers. . .	7,629,900	10,395,900k
En toile. . . .	2,766,000	
Consommation. . . .		67,655,900k

Digitized by Google

Nos filatures mécaniques ne produisent donc encore que la onzième partie de notre consommation.

Il est intéressant de voir comment ont varié les importations des fils et toiles depuis quelques années et de connaître les sources de leur provenance, que vont nous indiquer les tableaux suivants :

FILS DIVERS.

Importations avec distinction des principaux pays de provenance.

Commerce spécial.

Pays de provenance.	1840.	1841.	1842.	1843.
	kil.	kil.	kil.	kil.
Angleterre.	6,464,068	9,449,344	10,696,236	6,490,060
Belgique..	587,505	646,001	545,774	1,079,550
Autres pays.	93,850	422,460	68,708	60,380
Totaux	6,845,423	9,917,802	11,310,718	7,629,990

TOILES.

Toiles unies, écrues, blanches, mi-blanches, teintes et imprimées.

Années.	Angleterre	Belgique.	Association allemande.	Autres pays.	Totaux.
	kil.	kil	kil.	kil.	kil.
1840.	913,095	2,345,934	449,345	487,640	3,765,334
1841.	4,630,682	3,184,126	418,945	445.952	4,679,705
1842.	1,822,257	2,345,696	400,382	429.977	4,496,212
1843.	549,131	2,083,565	53,583	48,538	2,766,000

On voit par la diminution des importations dans ces dernières années que la protection accordée par le gouvernement n'a pas été inefficace. Le chiffre de ces importations, surtout en fils anglais et en toile belge, est encore considérable. Ce chiffre paraîtra d'autant plus élevé que nul pays n'est en meilleure position que le nôtre pour la production de la matière première, et que nous sommes évidemment dans une situation plus favorable que l'Angleterre sous ce rapport, et cependant nos voisins d'outre-mer possèdent déjà plus d'un million de broches mécaniques, lorsque nous sommes à peine au dixième. Nous savons qu'on ne manquera pas de faire valoir le bas prix de la force motrice anglaise ; mais n'avons-nous pas encore une quantité considérable de chutes d'eau improductives dans les pays les plus convenablement situés, dont l'esprit d'association devrait s'emparer sans perte de temps; il réaliserait ainsi des bénéfices mérités que le régime protecteur actuel leur assure, fournirait un travail assuré à nos ouvriers de campagne que la concurrence étrangère atteint directement, appellerait en même temps notre agriculture à participer aux bénéfices que présente une valeur d'une quarantaine de millions au moins que nous payons encore chaque année de gaieté de cœur à la concurrence étrangère.

MICHEL ALCAN.

LITHOGRAPHIE. C'est à proprement parler l'art d'écrire, de dessiner, de graver sur une pierre quelconque ; mais on a donné plus particulièrement ce nom à l'art d'imprimer, à l'aide d'un nouveau procédé, inventé par Senefelder, Bavarois, vers l'année 1799, les dessins et les écritures tracés avec un corps gras sur une pierre calcaire appelée, pour cette raison, *pierre lithographique*.

Voici la manière générale d'opérer :

1° On prend une pierre calcaire d'une pâte fine et uniforme, et dont les deux faces opposées sont parfaitement planes. L'une des deux surfaces est brute, et l'autre est unie avec une pierre ponce, sans être polie ; on écrit sur la surface unie à l'aide d'une plume d'acier trempé, avec une encre grasse, liquide et miscible à l'eau (voyez ENCRE *lithographique*).

2° Pour dessiner, on forme sur la surface de la pierre des cavités *ou grains* réguliers avec du sable fin, que l'on écrase avec une seconde pierre que l'on frotte dessus et l'on dessine sur la surface grenée avec un crayon gras.

3° Lorsque l'écriture ou le dessin au crayon est terminé, on en fixe l'empreinte par un lavage superficiel à l'eau de gomme rendue acide par une petite quantité d'acide nitrique ou d'acide hydrochlorique, ou d'un sel neutre soluble tel que le nitrate ou l'hydrochlorate de chaux, etc. Le lavage a pour effet, comme nous l'expliquerons plus loin, de rendre le dessin insoluble, de pénétrer la portion non dessinée de la pierre et de la rendre incapable de recevoir et de retenir facilement les corps gras, mais susceptible, au contraire, de retenir l'eau.

4° *Pour imprimer*, on place la pierre dans une espèce de caisse appelée *chariot*, où elle est maintenue solidement à l'aide de vis en fer ou de coins en bois ; on la mouille avec de l'eau propre et on enlève ensuite l'écriture, faite à l'encre grasse, avec de l'essence de térébenthine.

5° On humecte de nouveau et très légèrement toute la surface de la pierre avec une éponge fine et de l'eau propre qui est imbibée et retenue sur la portion de la pierre qui n'a pas reçu de dessin.

6° On étend aussitôt avec un rouleau élastique, recouvert d'un manchon en cuir, de l'encre ordinaire d'imprimerie (voyez ENCRE *d'imprimerie lithographique*), qui ne se fixe point sur la partie humide et qui s'attache seulement sur le dessin qui a été tracé à l'encre ou au crayon gras.

7° L'encre d'imprimerie étant ainsi distribuée convenablement et proprement sur tout le dessin, on place une feuille de papier blanc un peu humide sur la surface de la pierre.

8° On recouvre cette feuille d'une seconde, dite de *maculature*, et on pose dessus un *châssis en fer* garni d'un cuir fort qui est bien tendu sur les deux côtés opposés et parallèles.

9° On soumet la pierre, ainsi disposée, à la pression d'un rouleau ou d'un *rateau en bois* qui agit perpendiculairement sur la surface ; la pierre glisse et frotte sous ce rateau, lorsqu'on imprime le mouvement rectiligne au chariot.

10° Enfin, on enlève la feuille de papier qui a *happé* le corps gras qui offre ainsi la reproduction identique du sujet tracé sur la pierre.

Senefelder avoue (voir son *Traité de l'Art de la Lithographie*, pages 8 et 12) qu'il n'est pas l'inventeur de la gravure sur pierre, ni le premier qui en ait fait usage pour imprimer ; que c'est seulement la manière de s'en servir qui rend la découverte nouvelle.

Il dit lui-même : « Il y avait déjà des siècles qu'on gravait à l'eau forte sur pierre ; et ce ne fut que lorsque j'eus imaginé, en 1799, de passer de la méthode creuse à la méthode en relief, et de me servir de mon encre nouvelle, que je pus me considérer comme inventeur d'un art nouveau qui me décida à abandonner tous mes autres essais pour ne m'occuper que de lui. »

Engelman nous apprend, en effet, dans son *Traité com-*

Digitized by Google

plet de la Lithographie, 1842 : « qu'il existe à Munich, au Musée de l'Ecole gratuite de dessin, un astrolabe fait par ce procédé, et qui date de 1580. On voit dans le cabinet royal des antiquités à Munich une grande table ronde, faite d'une pierre de Solenhofen, sur laquelle sont représentés en relief les portraits des anciens ducs de Bavière, avec plusieurs inscriptions, et une chanson accompagnée de notes. Enfin, en dehors de l'église de Notre-Dame de la même capitale, on voit une pierre sépulcrale, portant la date de 1709, et présentant différents caractères en relief. Il suffit, dit-il, de la plus simple inspection pour se convaincre que toutes ces pierres ont été gravées par le moyen des acides. C'est par le même procédé qu'on parvient à graver sur une coquille d'œuf, dont les éléments chimiques sont les mêmes que ceux des pierres lithographiques : écrivez sur une coquille d'œuf avec du suif fondu, laissez figer le suif, plongez l'œuf dans un acide faible, du vinaigre par exemple. Cette expérience que chacun peut répéter se trouve décrite dans des ouvrages fort anciens.

Mais il est une chose importante pour l'histoire de l'art de la gravure sur pierre, que les lithographes ignorent peut-être, et qu'aucun auteur n'a publiée encore, c'est que Dufay, Français, membre de l'Académie des sciences, a publié, le premier, un procédé rationnel et facile pour graver le marbre et autres pierres, à l'aide d'un acide (voir les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, année 1728, page 64).

Au reste, nous donnons ici la copie textuelle du moyen décrit par Dufay lui-même :

Gravure en relief sur le marbre et plusieurs autres pierres, par Dufay.

« Il faut tracer sur le marbre avec un crayon le dessin que l'on veut mettre en relief, et couvrir délicatement, avec un pinceau, du vernis suivant les endroits qu'on veut épargner. Ce vernis n'est autre chose que de la gomme laque dissoute dans l'esprit de vin et mêlée avec du noir de fumée ou du vermillon, pour reconnaître plus facilement les endroits où on en a mis. Pour rendre l'opération plus simple, il n'y a qu'à pulvériser un morceau de cire d'Espagne et la faire dissoudre dans une quantité suffisante d'esprit de vin ; ce vernis sera sec en moins de deux heures.

« De tous les dissolvants que j'ai essayés, celui qui m'a paru le meilleur est un mélange de parties égales d'esprit de sel et de vinaigre distillé ; il ne diminue en rien l'éclat du marbre et le dissout très également.

« Le vernis étant bien sec, on versera de cette liqueur sur le marbre ; lorsqu'elle y aura demeuré quelque temps et qu'elle aura entièrement cessé de fermenter, on pourra y en remettre de nouvelle, et la laisser agir jusqu'à ce que le fond soit suffisamment creusé. S'il y a dans le dessin des traits délicats, comme des feuillages, on ne les tracera pas d'abord sur le vernis ; mais lorsque le rond sera creusé à peu près de moitié de ce qu'il doit l'être, on ôtera le dissolvant, on lavera bien le marbre, et avec la pointe d'une aiguille on enlèvera le vernis à l'endroit de ces traits délicats, on remettra ensuite de nouveau dissolvant, et on le laissera autant qu'on le jugera à propos ; cette précaution est nécessaire, parce que lorsque l'acide a agi dans les endroits découverts, il ronge par-dessous le vernis et élargit les traits à mesure qu'il les approfondit ; cet inconvénient demande aussi qu'on fasse les parties qui doivent être épargnées un peu plus fortes, afin que cette action latérale de l'acide les mette au point où elles doivent être. Au reste, cette opération ne demande ni beaucoup de soin ni beaucoup d'expérience, et les ouvriers les moins intelligents pourront facilement en venir à bout. Lorsque l'ouvrage sera entièrement fini, on enlèvera le vernis avec un peu d'esprit de vin, et comme les fonds seraient trop longs à polir, on pourra les pointiller avec des couleurs ordinaires délayées dans le vernis de gomme laque, de la même manière que l'étaient les ouvrages de cette espèce qui ont paru depuis quelques années.

« J'ai fait aussi diverses expériences de l'effet des acides sur plusieurs autres pierres ; il y en a quelques-unes auxquelles on donne le nom de pierres précieuses, qui se dissolvent dans l'esprit de nitre. »

Au résumé, si Senefelder n'a pas inventé réellement le mode de dessiner sur pierre avec une encre liquide, et de graver le dessin en relief à l'aide des acides, il doit être considéré, avec raison, comme le premier et le seul inventeur de l'impression lithographique, proprement dite ; méthode qui est fondée, comme nous l'avons dit, sur un jeu d'affinités chimiques, et d'attractions moléculaires, dont personne, avant lui, n'avait remarqué l'influence et l'application.

1° DES PIERRES LITHOGRAPHIQUES. — On emploie, communément en France, deux espèces de pierres, que l'on désigne principalement par le nom du pays d'où elles proviennent. Ainsi, on distingue les pierres d'Allemagne ou de Munich, et celles de France, qui sont également formées de carbonate de chaux. Parmi ces dernières, la pierre de Châtelauroux est la seule employée, et pour l'écriture seulement.

Pour faire des dessins au crayon, ou des écritures d'un travail fini, on emploie généralement les pierres de Munich, qui réunissent, pour la plupart, les caractères généraux d'une bonne pierre lithographique, savoir : une pâte bien homogène, dure, serrée, et s'imbibant peu d'eau.

Mais, parmi les pierres de Munich, un choix est encore à faire : voici des renseignements que nous avons extraits du *Manuel de Lithographie*, par MM. Chevalier et Langlumé.

« *La blanche* est toujours tendre et ne convient pas pour les longs tirages, parce que le crayon pénétrant plus avant dans la pâte, il en résulte une disposition du dessin à l'*empâtement*.

« *La jaune* est souvent bonne.

« *La gris-perle* est la meilleure parce qu'elle est la plus dure et la plus serrée, qu'elle prend par l'opération du grainage un grain plus fin et plus saillant qui résiste plus longtemps à la pression, ou plutôt à l'impression.

« *La grise-ardoise* est toujours bonne, mais elle est rare et difficile à grener.

« *La grise-roussâtre* est mauvaise, elle lâche l'encre quand on dépasse deux mille épreuves, et demande encore beaucoup de soin et de précaution pour arriver à ce nombre.

« Les pierres tendres qui absorbent beaucoup d'eau, celles qui reçoivent rapidement le poli, sont de mauvaise qualité.

« Il faut exclure aussi les pierres trop dures, car alors, les pores étant trop fins ou trop serrés, le crayon, la gomme et l'eau ne les pénètrent pas suffisamment, et le tirage est d'une courte durée.

« Les meilleures pierres pour graver à la pointe sèche sont les pierres dures et parfaitement homogènes.

« Les défauts qui se rencontrent le plus souvent dans les pierres de Munich de deuxième choix, sont : les veines, la tigrure, les points blancs, les taches de sapin, les fissures et les cristallisations.

« *Les veines* nuisent à la qualité de la pierre, surtout les rouges, dans lesquelles l'eau s'infiltre assez promptement, et occasionne la rupture de la pierre.

« Mais la tigrure, les *taches de sapin*, et les fissures, ces dernières par leur peu d'étendue, ne nuisent pas à l'impression.

« Il en est de même des points blancs lorsque leur dureté est égale à celle de la pierre.

« *Les cristallisations et les points blancs tendres* doi-

Digitized by Google

vent faire rejeter les pierres sur lesquelles elles se trouvent en assez grande quantité.

« La pierre de Châteauroux est excellente pour l'écriture, mais elle est généralement remplie de taches de rouille, de marne et de trous, ce qui empêche d'en faire usage pour le crayon. Elle est très cassante.

« Celle de Bellay est trop dure et cassante ; celle de l'Aube est de mauvaise qualité.

« Toutes les pierres françaises, d'une couleur sale ou terne, sont mauvaises. »

Moyen de reconnaître les qualités d'une pierre lithographique. Pour s'assurer des qualités d'une pierre, il faut passer sur toute sa surface une éponge mouillée ; si elle renferme des taches ou des fissures elles apparaissent aussitôt.

On juge alors de l'homogénéité de la pâte à l'uniformité de sa couleur, qui doit être sans nuances.

La pâte serrée se reconnaît à la dureté et au poids de la pierre. A volume égal, la pâte serrée est beaucoup plus lourde que la pierre tendre.

Pour juger de la qualité spongieuse, on verse quelques gouttes d'eau sur la pierre, et l'eau doit être absorbée de suite. Lorsque l'argile est en grande proportion dans la pierre lithographique, elle retient l'eau plus longtemps, tout en l'absorbant ; c'est la meilleure qualité. Les veines et les nuances dans la couleur de la pierre étant toujours d'une intensité différente du ton local, les variations qu'elles occasionnent s'expliquent par ce que nous venons de dire sur la qualité dure ou tendre. Ainsi, le crayon ne restera pas fixé sur les veines dures, et il pénétrera trop dans les veines tendres.

« *Dressage des pierres.* Lorsqu'une pierre n'a pas servi, il faut, avant de la dresser, prendre une lime, et arrondir les angles de la pierre dessus et dessous : dessus, afin que, pendant le dressage ou grainage, il ne se détache pas d'éclats qui pourraient faire des raies très profondes ; pour que l'éponge ne se déchire pas en s'accrochant aux angles, et afin que les bords ne prennent pas le noir et ne coupent pas le rouleau ;

« Dessous, pour que l'artiste et l'imprimeur ne courent point les risques de se blesser en portant la pierre, et qu'elle ne coupe pas les cartons sur lesquels on la pose dans le chariot pour imprimer.

« Cette opération terminée, on met la pierre sur la table à grainer ; et, avec un tamis de toile métallique, on passe du grès jusqu'à ce qu'elle en soit couverte ; puis on mouille le grès avec un peu d'eau ; ensuite, on prend une autre pierre de même dimension que l'on met dessus, et on les frotte en tournant jusqu'à ce que le grès soit usé ; on lave ensuite les pierres, et on recommence huit ou dix fois la même opération, en ayant soin de changer les pierres à chaque nouveau grain, c'est-à-dire de mettre dessous celle qui était dessus, et ainsi de suite.

« Quand les pierres ont été ainsi préparées, il faut les laver et les mettre sécher, afin de voir si elles sont bien droites, ce qui a toujours lieu lorsqu'elles n'accrochent pas pendant le dressage, et si leur surface présente un grain égal. Il est bien essentiel de faire une marque aux deux pierres que l'on dresse ensemble, afin de ne pas les confondre ; car il arrive fort souvent que des pierres très droites ne le sont plus lorsqu'elles sont grainées avec d'autres.

« *Ponçage.* Quand une pierre est dressée, il faut la frotter d'un bout à l'autre avec un morceau de pierre-ponce préalablement uni à la lime, et que l'on mouille de temps en temps. Il faut, avant de poncer, laver la pierre, afin qu'il ne reste aucun grain de sable, autrement elle serait rayée ; et il faudrait recommencer.

« *Grainage.* Après que l'on s'est assuré, au moyen d'une règle servant de niveau, que la pierre est droite, il faut prendre du sable passé dans un tamis, très fin, que l'on saupoudre bien également sur la pierre ; on le mouille avec une éponge que l'on exprime avec la main. Le reste de l'opération s'exécute comme pour le dressage, en ayant soin seulement de ne pas appuyer sur la pierre qui est dessus.

« On use trois sables (plus ou moins) : les deux premiers jusqu'à ce que les pierres restent adhérentes, pour étendre le gros grain occasionné par le grès, et le dernier un peu moins, selon la qualité que l'on veut donner au grain.

« Après avoir lavé les pierres avec de l'eau très propre, on les met égoutter dans un endroit où elles ne puissent recevoir de taches, et, lorsqu'elles sont bien sèches, on passe sur la surface grainée une brosse en blaireau pour en faire disparaître les grains de sable ; puis à l'aide d'une loupe, on regarde si le grain est aussi fin qu'on le désire. S'il en est ainsi, on pose sur les pierres une feuille de papier de soie, une autre de papier gris ; et on les enveloppe soigneusement jusqu'au moment de leur emploi, en évitant de les déposer dans un endroit humide.

« *Effaçage des pierres dessinées.* L'effaçage des dessins diffère peu du mode de dressage ; mais il est très important de les bien effacer, surtout si elles sont destinées à recevoir un dessin au crayon ; faute de cette précaution, l'ancien travail reparaîtrait sous le nouveau et le dessin serait perdu.

« Il faut, pour éviter cet accident, continuer d'effacer jusqu'à ce qu'on ne voie plus de traces de l'ancien dessin ; il n'est pas rare d'user de trois à quatre grès avant d'obtenir ce résultat, car, tant que l'on voit sur la pierre la marque du dessin, comme une tache blanche, c'est signe qu'il n'est pas effacé parfaitement.

« L'essence de térébenthine qui dissout l'encre, sert à faire disparaître les faux traits ; mais elle n'est pas toujours suffisante. » (Extrait du *Manuel de l'Imprimeur-lithographe*, par Auguste Bry).

2° ENCRES ET CRAYONS LITHOGRAPHIQUES, *leur composition.* — Nous avons déjà décrit (voyez ENCRE) la composition et le mode de fabrication de l'encre lithographique de M. Lemercier, en y joignant des observations, dans le but de guider les idées théoriques et pratiques sur le choix et l'emploi des matières ; mais cette encre n'étant bonne que pour l'usage du pinceau, nous indiquerons quelques compositions nouvelles, dont la manipulation, du reste, est exactement la même que pour celle que nous avons décrite.

Composition de l'encre lithographique, publiée dans le Manuel de M. Auguste Bry, 1835, page 44 : 93 gram. de savon animal ; 125 gram. de cire vierge ; 62 gram. de suif de mouton ; 93 gram. de gomme laque blonde, ajouter du noir de fumée calciné, en poudre, jusqu'à ce qu'elle soit bien noire.

Cette encre se délaie à chaud ou à froid, mais préférablement à chaud.

Composition de l'encre de M. Desmadryll aîné, dessinateur lithographe au ministère de la guerre, décrite par feu Engelman père dans son Traité complet de la Lithographie, 1842, page 249 : 40 parties de cire vierge pure, ou à son défaut de cire jaune, 10 p. de mastic en larmes ; 28 p. de gomme-laque ; 22 p. de savon blanc ; 9 p. de noir de fumée léger.

Encre lithographique de MM. Chevalier et Langlumé (voir leur Manuel, 1838, page 57) : 4 parties de cire ; 4 p. de suif de mouton ; 4 p. de savon ; 3 p. de gomme laque ; noir pour colorer suffisamment.

CRAYONS LITHOGRAPHIQUES, *leur nature et leurs propriétés.* — Dans son Traité de Lithographie, édition 1834, M. Tudot a publié une bonne recette de crayons, comme étant celle de M. Lemercier. Cette recette, qui a été transcrite depuis dans le Manuel de Lithographie de MM. Chevalier et Langlumé, p. 223, est la suivante :

32 parties de cire jaune ; 4 p. de suif épuré ; 24 p.

Digitized by Google

de savon blanc ; 1 p. de sel de nitre ; 7 p. de noir calciné et tamisé.

M. Tudot ajoute : « M. Lemercier a admis le sel de nitre dans son crayon sur l'avis qui lui en a été donné ; l'auteur de cette innovation est resté inconnu. » M. Engelman père prétend que le premier emploi du sel de nitre a été fait dans son établissement ; que la recette du crayon Lemercier est la sienne, et qu'elle lui a été communiquée, sans doute, par quelqu'un de ses élèves.

Certes nous ne pouvons pas dire le nom de celui qui eut le premier l'idée d'employer le sel de nitre dans la composition du crayon, mais d'après les règles établies en pareille matière, le mérite de l'invention ou plutôt de la publication appartient à M. Lemercier. Nous pouvons même affirmer que M. Engelman n'a pas dit un mot de l'emploi du nitre dans les diverses éditions de son Manuel de Lithographie, publiées en 1823, 1824 et 1831. Seulement dans son Traité complet de Lithographie, publié en 1842, c'est-à-dire trois ans après sa mort, Engelman a commencé à donner quelques recettes relatives à l'art, mais de son vivant il n'a jamais rien dit de bien positif sur les procédés techniques de la lithographie.

Nous citerons cependant, comme lui appartenant en propre, la note suivante, qui explique l'action du sel de nitre sur les corps gras qui composent le crayon lithographique :

« Quelques personnes mettent dans leurs crayons de la potasse, ou même encore de la soude. Dans nos ateliers, nous préférons le sel de nitre (salpêtre ou chimiquement parlant, nitrate de potasse), parce qu'il donne aux crayons plus de dureté que la soude. Comme on le met dans la matière, lorsqu'elle est parvenue à une haute température, ce sel se décompose et cède sa potasse aux acides gras pour achever de les saponifier, tandis que l'acide nitrique, se décomposant, a abandonné une partie de son oxygène aux corps gras, a contribué encore à les faire passer à l'état acide, et les a rendus plus facilement saponifiables. De plus, une partie de l'eau qu'on introduit dans ce mélange, après la première et la plus forte flamme, y reste combinée, et donne aux crayons une élasticité qu'ils n'auraient pas sans ce mélange. »

Fabrication des crayons (recette de MM. Lemercier et d'Engelman). « Le feu étant plus aisé à conduire quand la quantité des matières est de plusieurs hectogrammes, on réussira mieux en prenant par 31 gram. les proportions déjà rappelées ; cependant, avec de l'attention, on pourra opérer sur une quantité moindre. Supposant ces parties par hectogrammes, il faut une casserole en cuivre ou en fonte, de 40 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de profondeur environ ; il est nécessaire qu'elle ait son couvercle dont on se sert pour éteindre le feu après l'avoir mis au produit ; on doit encore avoir une spatule en fer pour agiter la masse ; on coupe par petits morceaux le savon pour en hâter la fusion. Le sel de nitre doit être, avec la proportion d'eau, dans une petite casserole, pour être mis sur du feu lorsque l'opération sera commencée.

« Les préparatifs faits, on allume du charbon, et on commence par faire fondre dans la casserole la cire, puis le suif ; ensuite on jette peu à peu le savon coupé très mince ; il ne faut pas en mettre beaucoup, car l'eau que contient le savon nouveau cause une tuméfaction qui ferait répandre une partie de la matière, si on le mettait trop précipitamment (1) ; il faut donc en mettre peu, et avec une spatule de fer agiter continuellement, de manière à faciliter la fusion. Lorsqu'elle est complète, on remue plus doucement ; l'agitation est nécessaire pour rendre la chaleur égale dans toutes les parties de la masse ; en allant vivement, on diminue sensiblement cette chaleur, et en allant doucement on la laisse augmenter. Lorsqu'une fumée blanchâtre succède à la fumée grise qui se dégage pendant la fusion du savon, on retire la casserole du feu, puis on commence à verser la dissolution de nitre. Quelques minutes avant, on a dû mettre l'eau nitrée sur un peu de feu, afin de l'avoir bouillante au moment de s'en servir ; on a une cuillère à café pour prendre de la dissolution dans la petite casserole qui la contient ; on commence par en laisser tomber quelques gouttes sur la matière ; il s'opère une tuméfaction : on continue à verser goutte à goutte, puis progressivement on en laisse tomber davantage, et enfin on augmente jusqu'à ce que le tout soit versé. Il est très important de prendre ces précautions pour faire entrer la dissolution dans la masse, car, si on mettait tout à la fois, cela produirait une explosion qui lancerait la matière de tous les côtés si l'eau était froide, et lorsqu'elle est chaude la tuméfaction peut faire répandre tout le produit.

« La dissolution versée, la tuméfaction vient quelquefois jusqu'au bord de la casserole, suivant le degré de la chaleur où était la matière lorsqu'on a fait cette addition d'eau nitrée. Plus il est élevé, plus le gonflement est grand et mieux la dissolution s'incorpore. On remet ensuite la casserole sur le feu, et avec une spatule on bat la mousse qui s'est formée pour la faire diminuer ; la chaleur agissant à son tour, la matière redescend à son premier niveau ; on fait chauffer le produit jusqu'à ce qu'en approchant l'extrémité d'un fer que l'on a fait rougir au feu la matière s'enflamme. Quand elle a pris feu, on ôte la casserole de dessus le réchaud et on la laisse brûler une minute : alors on couvre la casserole avec son couvercle pour éteindre la flamme et empêcher que la température ne s'élève trop ; immédiatement après, on lève le couvercle et on laisse la fumée se dégager, puis en agitant la masse avec la spatule, le feu reprend ; s'il ne reprend pas, il suffit d'approcher de nouveau le fer rouge. Supposant par 31 grammes chacune des parties des proportions ci-dessus indiquées, on laisse brûler encore pendant deux minutes, et on éteint la flamme. Si à la surface du produit il restait une espèce d'écume, il faudrait faire brûler encore une minute ; mais quand le mélange a été bien fait et la chaleur bien soutenue, trois minutes sont suffisantes, et la pâte du crayon est moins cassante que lorsqu'on a laissé brûler plus longtemps. Quand on opère sur une quantité moins forte que celle précitée, on doit réduire proportionnellement la durée de cette combustion, et surtout étouffer le feu plus souvent pour éviter une trop haute élévation de température, qui, en ne permettant pas d'éteindre la flamme, carboniserait une grande partie du produit. Ayant éteint la flamme et ôté le couvercle, on laisse refroidir le tout quelques secondes ; alors on ajoute le noir en le faisant tomber peu à peu et le délayant avec la spatule jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de grumeaux ; le noir étant bien mêlé, on remet la casserole sur le feu ; et lorsque la pâte est ramenée à l'état liquide, on la laisse cuire quinze minutes environ.

« C'est ici particulièrement qu'il faut de l'habitude pour diminuer ou augmenter la durée de cette cuisson suivant l'activité du feu ; car la différence du feu lent à un feu vif, pendant toute l'opération, nécessite un changement à ces données. Deux ou trois minutes avant la fin de la cuisson, on met fondre dans cette nouvelle pâte les bavures qui restent chaque fois que l'on coule des crayons. Un fait singulier est que cette ancienne pâte, ajoutée à la première qui cuit, lui donne une qualité moins cassante que celle qu'elle a lorsqu'on n'y a pas fait cette addition. Peut-être les bavures contiennent-elles de l'humidité prise après avoir subi la cuisson nécessaire, mais toujours est-il qu'elles lui donnent

(1) On éviterait jusqu'à un certain point cet inconvénient, en employant du savon très sec et réduit en poudre.

Digitized by Google

un peu de l'élasticité qu'elles ont gagnée et que le crayon acquiert presque toujours avec le temps, et qu'il n'a pas lorsqu'il est récemment fait.

Quand cette addition est faite en agitant toujours, et qu'on a parfaitement mêlé cette ancienne pâte avec la nouvelle, on retire la casserole du feu et on agite la masse tout en la laissant un peu refroidir ; alors on approche le moule (fig. 1469) (1) et on le coule en versant sur le milieu de toute son étendue ; si ce moule est trop petit pour recevoir tout le produit, une seconde personne doit remettre la casserole sur un feu doux et l'entretenir à la chaleur convenable pour que la pâte ne refroidisse pas. Immédiatement après avoir coulé, on ajuste le dessus du moule, puis on exerce une pression pour former les crayons, et de suite on coupe avec un couteau les bavures de chaque côté du moule ; on enlève le dessus, puis on dégage les crayons qui tiennent encore au moule par leur moitié inférieure ; ils ne se dégagent facilement que lorsqu'on a coulé au degré de chaleur et au degré de cuisson convenables. Avant de couler les crayons, on peut avec la spatule faire tomber sur un morceau de verre quelques gouttes de pâte et essayer de l'enlever pour voir si elle tient au verre ; dans le cas où elle tiendrait, on élève le degré de chaleur jusqu'à ce que la pâte puisse prendre feu ; on laisse brûler quelques secondes ; et ayant éteint la flamme, on attend que la masse soit refroidie jusqu'au degré convenable pour couler ; il ne faut pas que ce degré soit trop abaissé, car alors le crayon se gerce et n'est pas lié dans toute sa longueur ; et si la pâte est coulée à un degré trop élevé, le crayon devient poreux au même instant. C'est au degré convenable qu'il faut s'arrêter, et l'expérience seule peut le préciser. On peut frotter le moule avec du savon ; mais le meilleur moyen est de couler au degré de cuisson et à la chaleur convenables, alors les crayons s'enlèvent aisément. On a vu que les coulées doivent se succéder promptement.

Si le noir n'a pas été bien délayé, la pâte est grumeleuse et il faut la faire refroidir ; alors elle se mêle beaucoup mieux. Plusieurs fabricants emploient ce moyen pour rendre la pâte très fine. Ils la font peu cuire d'abord, la laissent refroidir complétement et la font refondre ensuite ; ce moyen est très bon (extrait du *Traité de Lithographie*, par A. Tudot).

Moulage des crayons. Le moule (fig. 1469) se compose de deux pièces ou jumelles de bois ou de cuivre fondu, jointes par une charnière fixée avec des vis. Ces deux jumelles portent des cavités ou rigoles juxtà-posées, qui ont chacune le diamètre du crayon qu'on veut avoir ; la jumelle inférieure est armée d'un boulon à vis, et celle supérieure est terminée par une poignée.

Avant de couler les crayons, on fixe de chaque côté du moule une petite règle de bois que l'on assujettit au moyen de deux clous à crochets. Ces petites règles sont destinées à retenir la matière lorsqu'on la verse dans le moule ; elles doivent avoir un peu de jeu pour laisser échapper l'air et l'excédant de la matière coulée, que l'on presse fortement pour augmenter son homogénéité et sa densité.

En 1838, M. Fichtenberg a publié dans le journal *le Lithographe*, page 297, un nouveau procédé de fabrication des crayons lithographiques, qui peuvent être moulés, dit-il, de plusieurs manières :

1° On se procure un petit châssis en cuivre de 5 à 15 centimètres de longueur sur 8 centimètres de largeur, et de 6 à 7 millimètres d'épaisseur ; on place ce cadre sur une planche unie et recouverte d'une toile fine ou d'un taffetas ; on le remplit de composition que l'on bat avec un maillet pour l'entasser convenablement, c'est-à-dire pour la rendre exempte de soufflures, puis on unit la surface avec la lame d'un couteau ; enfin, on repousse la matière hors du châssis avec une planchette de la même dimension. Les tablettes sont ensuite divisées en crayons à l'aide d'une lame mince, ou bien avec un fil de laiton très fin :

2° Au lieu de châssis, on peut dresser la pâte entre deux planches dans une presse, jusqu'à ce qu'elle ait l'épaisseur désirable ; on en forme ensuite des crayons de longueur assez irrégulière, il est vrai, mais d'une matière très compacte. Les crayons moulés par ces deux manières sont carrés ; il serait trop long de les arrondir.

La troisième manière est extrêmement ingénieuse, et le moulage se fait avec une grande rapidité. L'appareil consiste en un cylindre ; le corps du cylindre est en cuivre, d'environ 30 centimètres de longueur sur 8 à 10 centimètres de diamètre intérieur. Un chapeau de même métal est vissé solidement à une extrémité. Ce chapeau retient une petite plaque, percée d'un trou de la grosseur que l'on veut donner au crayon.

On emplit ce cylindre de la pâte à crayon, que l'on a pressée au moyen d'un piston à vis que l'on meut à l'aide d'une manivelle ou d'un moulinet. Le piston se visse dans un écrou fixé sur un établi, et maintenu à un écartement fixe du cylindre au moyen de forts crampons en fer. La pâte est bientôt refoulée dans le chapeau, de manière que le crayon se moule en passant par cette sorte de filière. On reçoit les crayons sur une tablette en les maintenant avec les doigts. On les dispose ainsi sur la tablette, où, après les avoir bien égalisés, on les coupe de la longueur que l'on veut.

Mais M. Fichtenberg n'a pas dit, et M. Desportes lui-même, rédacteur en chef du *Lithographe*, n'a pas ajouté que ces trois manières de mouler les crayons étaient déjà connues et employées depuis longtemps dans la fabrication des crayons noirs (voir les *Brevets expirés* de Conté, et le *Manuel du papetier*, par Julia de Fontenelle et Poisson, 1828, pages 213 et suivantes).

Disons aussi qu'à l'aide du troisième moule à cylindre on obtient des crayons défectueux, tortus et très cassants ; que la première manière est la seule employée aujourd'hui, et encore la meilleure, sinon la plus prompte.

Propriétés et qualités d'un bon crayon lithographique. D'après les compositions que nous avons données ci-dessus, et surtout d'après les résultats de l'expérience et de la pratique, il résulte que le meilleur crayon peut être considéré comme composé de trois parties essentielles, et susceptibles de bien s'unir ensemble en proportions définies :

1° D'une partie savonneuse ou grasse propre à pénétrer et à se fixer sur la pierre lithographique, et à former avec elle un savon calcaire susceptible d'attirer et de retenir l'encre d'imprimerie. Engelman dit donc avec une certaine raison, qu'il faut éviter d'employer le savon ou la dissolution de gomme-laque partout où on peut s'en passer, parce qu'elle ne se combine pas avec la pierre calcaire, et ne forme pas avec elle de savon calcaire ;

2° D'une substance grasse, compacte, qui lui donne du liant, de la solidité, pour qu'on puisse le tailler finement sans le rompre, ni le casser, et assez de fermeté, afin que la pointe puisse résister à la pression de la main quand on dessine ;

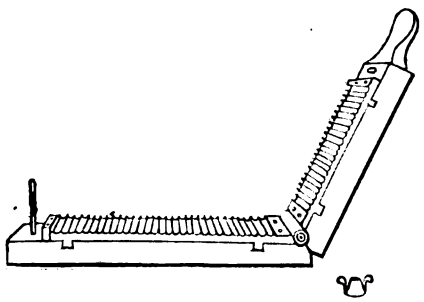
3° Enfin d'une matière colorante noire, en quantité suffisante, afin que le dessinateur puisse juger de l'effet de son dessin, et que ce dessin soit rendu identiquement par l'impression.

Aussi, dit Engelman, lorsque dans le crayon la pro-

(1) M. Engelman s'attribue à tort (voir son *Traité complet de la Lithographie*, 1842, page 245) l'invention de ce moule, que le célèbre Conte employait déjà au commencement de ce siècle pour former des crayons cylindriques noirs. D'autres l'accordent à M. Brisset père, qui est un constructeur habile, mais exécutant généralement d'après les modèles connus.

Digitized by Google

portion des parties graisseuses est trop forte, relativement à la quantité de matières colorantes, l'épreuve vient au tirage plus noire que le dessin ne paraît sur la pierre. Si, au contraire, il y a plus de noir, le dessin présente une épreuve plus pâle.



1469.

Mais, d'après les confidences qui nous ont été faites par M. Philippon, fondateur du *Charivari*, on peut parvenir à faire avec un seul corps gras acide des crayons d'une bonne qualité, toujours semblables, possédant l'avantage d'être peu sensibles à l'influence de l'humidité, comme à celle de la chaleur, et de résister plus fortement à la préparation de la pierre par la dissolution d'eau gommeuse et acide. Nous dirons même que cet artiste distingué compose pour ses besoins personnels des crayons excellents, qui ne contiennent ni suif, ni cire, ni résine, ni savon. Ce fait, qui renverse toutes les théories ou conjectures existantes, peut guider l'opinion sur le choix des matières à employer, et épargner ainsi des essais coûteux à ceux qui voudraient faire des recherches pour perfectionner les crayons.

3° LAVAGE DE LA PIERRE AVEC UNE SOLUTION D'EAU DE GOMME ET D'ACIDE. — *Composition décrite par M. Tudot* : 20 parties de gomme du Sénégal dissoute à froid dans 75 à 80 parties d'eau distillée, ou, à son défaut, d'eau clarifiée ; une partie d'acide nitrique à 34°. On applique cette composition sur la pierre avec un pinceau de putois, dit *queue de morue*.

Manipulation. « On fait fondre la gomme dans l'eau ; et, quand la dissolution est complète, on la fait passer au travers d'un linge fin. Cette solution, ainsi preparée, doit marquer 10° environ au pèse-acide de Baumé. Si le degré est plus élevé, on ajoute de l'eau ; et, s'il est moindre, on ajoute de la gomme.

« On verse, dans cette solution, la partie d'acide nitrique qui doit augmenter sa densité d'un degré de plus que celui donné par l'eau de gomme seule.

« Cette préparation se conserve peu de temps sans altération, et le plus prudent est de ne faire le mélange que quelques heures auparavant de s'en servir. En outre, avant de verser l'acide dans l'eau gommée, il faut s'assurer, avec du papier de tournesol, si elle n'est pas un peu acide ; et, dans ce cas, on recommencerait à faire d'autre eau de gomme non acide. Si on fait chauffer l'eau pour activer la solution, il est important de la laisser ensuite refroidir ; car, la chaleur diminuant la densité de la liqueur, on s'exposerait à commettre quelque erreur, surtout si le refroidissement avait lieu dans l'intervalle de la pesée de l'eau gommée et de celle de l'acide. Le refroidissement ayant augmenté la densité de la solution de gomme, on pourrait attribuer à l'addition d'acide l'augmentation qui serait causée par le refroidissement. »

Autre préparation qui ne s'altère pas. 125 grammes de gomme arabique ; 500 grammes d'eau distillée ; 25 grammes d'acide hydro-chlorique.

M. Ridolphi, imprimeur lithographe à Turin, emploie tout simplement une légère dissolution de nitrate de chaux parfaitement neutre. Ce sel liquide jouit de la propriété de décomposer le savon contenu dans l'encre ou dans le crayon, sans exercer aucune action sur la pierre, et il n'endommage nullement le dessin qu'on y a tracé.

M. Ridolphi prépare le nitrate de chaux dont il fait usage, en mettant dans de l'acide nitrique du commerce des éclats de pierres lithographiques, en continuant d'y en ajouter jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'effervescence, étendant ensuite le liquide avec de l'eau de puits, filtrant et conservant la liqueur pour l'usage.

Préparation de MM. Cheralier et Langlumé. On prend 187 gram. de chlorure de calcium sec que l'on fait fondre dans 593 gr. d'eau ; on passe la solution à travers un filtre de papier gris. Lorsque la liqueur est passée, on y ajoute un mucilage de gomme arabique fait avec 125 gram. de gomme en poudre, et on mêle. Lorsque le mélange est complet, on y ajoute 31 gram. d'acide hydro-chlorique pur. On conserve ensuite dans des bouteilles de verre.

Voici les avantages que les auteurs ont cru reconnaître dans l'emploi de cette préparation : « 1° elle offre, disent-ils, une certitude que la préparation à l'acide nitrique n'offre pas, puisque le lithographe même le plus exercé n'emploie cette dernière qu'avec une juste défiance. 2° Répandue à l'aide d'un pinceau, elle prépare également, et d'une manière uniforme, toutes les parties de la pierre ; n'étant pas saturée au moment où on l'applique, elle agit avec la même énergie sur toutes les parties de la surface, et son action est égale. 3° Elle peut être employée avec autant de facilité sur les grandes pierres que sur les petites. 4° Elle n'exige pas que la pierre soit retournée, ensuite immergée à l'aide d'une grande quantité d'eau ; opération désagréable, qui rend les ateliers insalubres, nuit à la conservation des planches et à la santé des ouvriers ; de plus, elle dispense encore de recouvrir la surface de la pierre d'une couche de gomme arabique, cette gomme faisant partie de la composition. 5° Les teintes les plus vigoureuses, de même que les plus légères, viennent également bien, lorsque les pierres ont été acidulées de cette manière. 6° Cette préparation peut être étendue sur les pierres avec la plus grande facilité, et l'opération peut être confiée même à un enfant, pourvu qu'il soit intelligent. 7° La pierre préparée reste constamment humide ; effet dû à ce que la préparation contient une grande quantité d'un sel déliquescent qui pénètre la pierre, et lui conserve pendant longtemps l'humidité indispensable.

« Cette propriété est d'un grand avantage ; car on a remarqué qu'une pierre qui sèche trop vite est plus difficile à encrer, et donne beaucoup plus de peine à l'imprimeur, forcé d'employer alors un noir d'impression plus dur. Coupée avec de l'eau gommée, la préparation devient encore d'un grand secours pendant l'été ; elle empêche la pierre de sécher et par-là prévient les difficultés que l'ouvrier rencontrerait pour tirer son dessin pur et d'un noir bien frais, difficultés que quelques imprimeurs lithographes cherchent à vaincre en employant des substances diverses (telles que l'urine, le vinaigre, l'acide nitrique, la salive, etc.) dont l'inconvénient est d'endommager souvent les dessins. La pierre, recouverte de préparation, rend au travail sa première fraîcheur ; il ne faut, pour cela, que la laisser reposer un quart d'heure après lui avoir fait subir cette opération. 8° Elle procure une grande économie ; car l'ouvrier, n'ayant pas besoin d'employer un noir aussi dur, obtient dans le même espace de temps, et sans être fatigué, un plus grand nombre d'épreuves beaucoup plus régulières (on a reconnu qu'il pouvait en tirer un tiers en plus). 9° Cette préparation sert encore à enlever des taches qui se seraient formées sur la pierre pendant l'impression, taches

Digitized by Google

dues à ce que certains endroits ont été graissés par le crayon ou par la chaleur de la main. Ces taches paraissent au tirage et sont détruites par l'usage de la liqueur saline acide. »

Malgré tous ces avantages que nous n'avons pas été à même de constater jusqu'à présent, les plus habiles imprimeurs accordent la préférence à l'acide nitrique pour la composition du liquide destinée à la préparation des pierres dessinées.

Effets de la solution d'eau de gomme et d'acide ou d'un sel neutre soluble. — Déjà nous avons dit pourquoi on se servait de cette solution, dans le but ; 1° d'enlever au crayon et à l'encre l'alcali qu'ils contiennent, et de les rendre ainsi insolubles à l'eau ; 2° de rendre la pierre plus poreuse et susceptible de retenir l'eau avec plus de facilité.

L'eau acidulée par l'acide nitrique ou hydrochlorique, ainsi que la solution de nitrate de chaux ou de chlorure de calcium, avec ou sans addition d'acide, sont les solutions généralement employées ; chacune a une action différente sur la pierre. Ainsi le chlorure de calcium ou le nitrate de chaux agissent sur l'encre seule sans altérer la pierre. Les acides nitrique et hydrochlorique agissent tout à la fois sur l'encre et la pierre à laquelle ils donnent un grain particulier. Ils remplissent ce double but de décomposer l'encre ou le crayon, d'augmenter leur adhésion sur la pierre, et de déterminer en même temps la décomposition de cette dernière en donnant naissance à un composé particulier d'où résulte la solidité du dessin.

Les acides atteignent encore un autre but, que d'attaquer la pierre calcaire soumise à leur action, et de former à sa surface un poli grenu, des vacuoles qui retiennent l'eau gommée et facilitent ainsi l'application de l'encre d'impression et le tirage proprement dit. Ces effets, du reste, sont parfaitement définis dans un excellent mémoire de M. Houzeau, intitulé : *Aperçu chimique sur la Lithographie*, et publié dans le tome XII, page 174, année 1826, du *Journal de Pharmacie*. Nous engageons les personnes qui désirent s'instruire à le lire en entier.

« L'immersion de l'acide, dit M. Houzeau, a un but très important, c'est de mettre le dessin un peu en relief, et surtout de changer la surface de la pierre calcaire en nitrate, et de la rendre ainsi imperméable aux corps gras. En effet, quelque soluble que soit le nitrate de chaux, il en reste cependant une couche mince intimement unie à la pierre. Cette couche est très lisse ; et si, lorsqu'elle est légèrement humide, on la touche avec un corps gras, elle n'est pas tachée ; tandis qu'une surface de carbonate de chaux, placée dans les mêmes circonstances, absorbe ce corps avec beaucoup de facilité. C'est une propriété qu'on observe à chaque instant dans la pratique lithographique ; car si l'on gratte une portion de la pierre préparée, et qu'on oublie d'y passer de nouveau l'acide nitrique, on voit cet endroit, quelque bien mouillé qu'il soit, prendre le noir d'impression et salir les épreuves. Les acides sulfurique et hydrochlorique agissent à peu près de même, mais l'acide nitrique est préférable, parce que le sel qu'il forme étant plus soluble que le sulfate et moins que le chlorure, laisse sur la pierre une couche suffisamment épaisse, tandis que le chlorure serait enlevé en entier, et que le sulfate, n'adhérant que très faiblement à la pierre, s'en détacherait par l'action de la presse et du rouleau et laisserait à nu le carbonate calcaire. »

Suivant l'explication donnée par Senefelder et rappelée depuis par M. Tudot, comme la pression, agissant perpendiculairement sur les traits du dessin, tend à écraser l'encre et à l'étendre au-delà du point où elle est fixée par l'impression, la gomme seule s'oppose à ce que l'extension de l'encre aille progressivement ; et, s'il n'y avait pas de gomme, après quelques épreuves, le dessin aurait perdu toute sa pureté, en admettant même qu'on ait pu l'encrer, ce qui exigerait beaucoup de talent. La gomme est retenue mécaniquement dans les pores de la pierre par leur capillarité ; lorsque, après les épreuves d'essai, on gomme de nouveau, elle remplit les pores agrandis et colore en jaune la surface de la pierre.

« Enfin, le mélange d'acide et de gomme a l'avantage de retenir l'acidulation sur les parties foncées, au lieu que sans ce moyen la graisse repousse constamment l'acide, ce qui s'oppose à son action sur ces parties, et expose à aciduler trop fortement les parties claires. Un fait bien observé est que l'acide nitrique agit avec énergie sur la pierre, et qu'il faut, pour que cette action ait lieu, qu'elle soit prolongée quelque temps ; mais soit que cet acide neutralise complétement la partie superficielle du crayon sur laquelle il peut agir, soit qu'il n'agisse pas sensiblement, il ne présente aucun inconvénient sur ce point ; son action sur la pierre n'étant pas simultanée, on a le temps d'étendre la préparation sur toute la surface du dessin, la solution de gomme diminuant sa fluidité, l'empêche de pénétrer profondément dans les pores de la pierre, rend son action superficielle, et par conséquent meilleure. C'est donc cet acide que l'on doit employer. »

4° ENCRE D'IMPRESSION. Sa composition est : huile de lin brûlée, et noir de fumée ou de résine calcinée (voyez ENCRE D'IMPRIMERIE).

Nous n'insisterons pas davantage sur cette matière qui est décrite suffisamment, page 1340, mais nous persistons toujours dans l'opinion que nous avons émise précédemment, sur le mode de fabrication d'une bonne encre d'impression, composée de suif, de résine, de baume-résine, de cire, de savon de résine, etc., qui sèche ou se carbonise beaucoup moins que l'huile de lin cuite.

Nous sommes conduits à cette conclusion, en examinant les effets de l'influence réciproque de l'air et de l'huile ; quand on imprime, les résultats de ces effets sont de plusieurs sortes, et très pernicieux. Le premier résultat est que l'encre d'imprimerie ordinaire, qui est un composé d'oxygène, d'hydrogène et de carbone a une tendance naturelle à se combiner avec l'oxygène de l'atmosphère, et à former promptement, lorsqu'elle est étendue en couche mince, une combinaison particulière, une résine plus ou moins noire et dure, qui perd plus ou moins son affinité pour les corps gras ; de là vient la difficulté que l'imprimeur éprouve souvent pour prendre l'encre d'impression sur la table au noir et la distribuer également et uniformément sur le dessin.

Le second vice se retrouve à un haut degré dans l'impression des lithographies en couleurs. Ainsi, la couleur jaune du vernis altère et modifie la nuance et la vivacité de certaines matières colorantes. On peut faire, sans doute, un vernis gris-blanc, en y ajoutant après la cuisson, du chlorure de zinc, de chaux ou une petite quantité de lait de chaux ; mais ce vernis offre d'autres inconvénients dans la pratique, par exemple, celui de s'étendre, de se distribuer difficilement sur le rouleau d'encrage, et sur la pierre, etc. Il détruit les couleurs végétales.

Les oxydes de plomb, de fer surtout, mélangés avec l'huile, se désoxydent au contact de l'air et prennent différentes teintes noirâtres. Les couleurs composées d'acide carbonique ou de chaux, et d'un corps métallique, le chrôme, la cendre bleue ou verte, par exemple, forment avec l'huile un savon métallique, et les substances perdent la plus grande partie de leur couleur. Le bleu d'outre-mer factice mêlé avec l'huile prend une teinte terne et plus foncée.

DE LA ZINCOGRAPHIE. Senefelder a fait de nombreux essais pour remplacer la pierre lithographique par des planches de zinc, d'un emploi beaucoup plus commode, surtout pour l'autographie.

Digitized by Google

L'impression sur zinc n'est peut-être pas aussi facile et aussi certaine que sur les pierres lithographiques, et c'est là son principal défaut, auquel on remédiera sans doute, mais il presente les avantages suivants :

1° Prix d'achat 5 fois moindre que celui des pierres de Munich, premier choix, et 3 fois moindre que celles de Châteauroux, premier choix.

2° Grain plus dur, plus serré, et par conséquent plus facile à l'exécution et plus résistant a l'acidulation et à la pression.

3° Résistance au choc et à la chaleur.

4° Transport facile et beaucoup moins fatigant pour l'ouvrier.

5° Vente certaine et valeur réelle que l'on peut réaliser sur l'heure au prix de 20 fr. à 30 fr. les 100 kilogrammes, c'est-à-dire avec une perte de 20 à 30 pour 100; tandis que la valeur de la pierre est fictive et d'une réalisation difficile.

6° Les planches de zinc exigent la centième partie de l'emplacement que nécessite le classement des pierres lithographiques.

7° Elles exigent moins d'embarras, moins de soins et de précautions de la part des ouvriers pour garantir les dessins des ravages du temps et de l'humidité.

Choix et propriétés du zinc laminé et propre à imprimer. — On trouve dans le commerce du zinc laminé de deux qualités différentes que l'on distingue sous les noms de *zinc dur* et *zinc mou* (effets dus a la fusion, au recuit et au refroidissement au contact de l'air froid). Le zinc dur doit être preféré pour l'impression, et on le reconnaitra facilement par le *bruissement aigu* et sonore qu'il rend lorsqu'on lui fait éprouver des *oscillations saccadées*.

Un dessin fait sur zinc mou ne donne que des épreuves faibles ; peu à peu le trait graisseux disparaît *ou se dépouille* comme sur la pierre tendre.

Le prix modique de ce métal doit le faire préférer à tous les autres (cuivre jaune, bronze, cuivre rouge) qui présentent, d'ailleurs, une densité plus considérable et qui exigeraient encore une main-d'œuvre et une préparation plus coûteuses.

En tout état, le zinc a de *l'affinité* pour les corps gras; lorsqu'il est poli, il est mouillé très difficilement par l'eau, mais, usé à sa surface simplement par le sable mêlé avec de l'eau, c'est-à-dire grainé, ou lorsqu'il a été attaqué par un acide faible ou affaibli par l'eau, ou par un sel soluble, il se mouille presque aussi facilement que la pierre lithographique, et les aspérités dont il est couvert retiennent les particules liquides.

Sa *dureté* est plus grande que celle de la pierre, elle augmente lorsqu'il a été écroui et laminé, et son grain est surtout bien différent; il est plus serré, plus distinct et plus uni.

On diminue et on corrige en partie les défauts de compressibilité, de ductilité, de flexibilité, de dilatabilité et de contractilité du zinc laminé en doublant l'une de ses surfaces, préservée, au besoin, de l'oxydation, par une couche d'une dissolution concentrée de tannin, avec plusieurs feuilles de papier ou de carton que l'on fixe avec de la colle de pâte, ou mieux de la colle au fromage ou de la céruse; on dresse ensuite les surfaces et on régularise les épaisseurs en les soumettant successivement sur toutes les dimensions à l'action d'une presse à imprimer ou d'une machine plus puissante. On évite encore l'oxydation du zinc en le couvrant d'un corps gras non acide.

On augmente l'attraction du zinc pour les corps gras, l'eau et les liquides mucilagineux, en usant et en attaquant sa surface à l'aide d'un grainoir en zinc dont la surface frottante est composée de plusieurs rainures qui se coupent à angles aigus avec du gres fin tamisé et de l'eau mêlés avec un peu de dextrine et de carbonate de potasse ou de l'essence de térébenthine, qui a pour effet de diviser les particules et de les empêcher de rayer le métal. On forme ainsi sur sa surface des *vacuoles*, des *grains*, des *aspérités* aiguës, fines et uniformes qui facilitent le travail de l'écrivain ou du dessinateur et qui retiennent très facilement les corps gras et les liquides.

On plonge la feuille de zinc, après l'avoir dégagée de toute malpropreté, dans de l'eau de chaux ou autre dissolution alcaline (carbonate de potasse, de soude ou d'ammoniaque) qui décompose complétement le fer et facilite, au contact de l'air, l'oxydation et la combinaison du plomb qui est contenu dans le zinc. On lave la planche à grande eau, on l'essuie avec un linge, et on la fait sécher très promptement en la plongeant dans de la sciure de bois blanc légèrement chauffée.

Manière de préparer la planche de zinc dessinée. — On prépare l'empreinte de l'écriture à l'encre et du dessin au crayon faite sur le zinc, par un lavage superficiel à l'eau saturée de chlorure de zinc ou d'un acide affaibli (nitrique, hydrochlorique, phosphorique) qui le rend insoluble, décape la portion non dessinée du métal et enlève l'oxyde qui la recouvre.

On lave ensuite la planche dans l'eau claire et on l'enduit aussitôt, avec un pinceau de putois, dit queue de morue, d'une décoction tiède et concentrée de noix de galle qui se fixe sur les parties qui n'ont point été dessinées, qui contracte avec elles une adhésion, une cohésion intime. Cette couche insoluble de tannin garantit le zinc du contact immédiat de l'eau et le rend plus susceptible de recevoir, sans altération sensible, l'eau et les liquides mucilagineux.

Pour imprimer proprement, et pour éviter ce qu'on appelle en terme d'imprimerie l'*empâtage* ou l'*empâtement*, il est essentiel de mouiller la planche convenablement, ni trop, ni trop peu, à l'aide d'une éponge fine, avec de l'eau rendue un peu visqueuse par la dextrine blonde, à laquelle on a ajouté un peu d'alcool pour la disposer à la dissolution.

La grande difficulté, nous le répétons, est de passer le rouleau d'impression sur toute la surface du dessin, de manière que l'encre ne s'attache qu'aux traits. On y arrive, cependant, avec un peu de prstique et de précaution. Une amélioration utile serait, nous le croyons, de recouvrir le rouleau d'une couche très légère de caoutchouc, et d'employer surtout une encre spéciale, comme nous l'avons dit précédemment, dans laquelle il n'entrerait que peu ou point d'huile cuite. Nous avons fait des essais qui nous permettent de prédire des résultats avantageux à qui voudra bien nous comprendre.

Le 4 juin 1834, M. Brugnot, géographe, a pris un nouveau brevet d'invention de quinze ans, pour un moyen de remplacer la pierre lithographique par le zinc. Ce brevet est exploité aujourd'hui par M. Kœpplin, imprimeur lithographe à Paris; mais le seul procédé susceptible d'être breveté, ne peut consister que dans la formule ou composition propre à préparer ou aciduler le zinc.

A la rigueur, l'invention de cette composition, qui n'est autre chose que le résultat de la combinaison des trois acides (gallique, nitrique, hydrochlorique), peut être contesté à M. Brugnot, puisque M. Tudot avait dit, avant lui, en indiquant le mode de la préparation des pierres : « On essaiera les combinaisons d'acides, car les acides peuvent se combiner entre eux sans s'altérer, et donner naissance à de nouveaux acides doués de propriétés particulières. »

Il y a quelques années, M. Laurent, sous-préfet de Neufchâteau (Vosges), a imaginé un moyen tout différent de celui qu'on employait jusqu'à ce jour pour préparer ou aciduler le zinc, et le rendre propre à imprimer un grand nombre d'épreuves autographiques.

Il s'avisa, avant de transporter l'empreinte de l'au-

Digitized by Google

tographie, de laver la planche de zinc poncée avec de l'eau légèrement saturée d'acide hydrochlorique, de manière que cette dissolution marquât 2 à 3° à l'aréomètre. Il lavait cette planche à plusieurs eaux, l'essuyait bien avec un linge propre et doux et la faisait sécher promptement. Ensuite il transportait l'autographie par les procédés ordinaires; il acidulait et lavait de nouveau la planche de zinc, puis il la recouvrait d'une couche de gomme non acide et la faisait sécher devant un feu doux. Après cela, il imprimait comme à l'ordinaire.

Nous avons appris ce procédé par l'employé lui-même qui opérait la préparation et les tirages, et qui nous a affirmé qu'il avait imprimé avec facilité jusqu'à 3,000 circulaires, suivant le besoin du service administratif.

Il est facile de comprendre le but de l'acidulation préparatoire, qui a pour effet : 1° d'enlever et de dissoudre l'oxyde qui recouvre la surface du zinc, de se combiner avec lui pour former un chlorure de zinc soluble; 2° de décaper le zinc en attaquant sa surface, et produisant des cavités qui reçoivent et retiennent plus facilement les corps gras.

Emploi d'une planche de cuivre plané, et doublée d'une seconde planche de zinc laminé. L'assemblage de ces deux planches forme un véritable couple voltaïque, qui est très propre à l'impression lithographique, comme nous l'avons expérimenté nous-même.

La première idée de cette application appartient à M. Legey, ingénieur-opticien, qui a adressé ses premiers essais à la Société d'encouragement en 1833 (voir le *Bulletin* de cette Société, décembre 1834). Nous avons fait imprimer sous nos yeux, en 1840, un millier d'exemplaires sur une pareille planche qui avait été disposée par M. Legey lui-même dès 1834. Nous pouvons attester que les épreuves n'ont pas été inférieures à celles qu'on obtient journellement sur la pierre lithographique.

Manière de procéder : On prend une planche de cuivre planée, polie, et on la double d'une planche mince de zinc que l'on fixe, en retournant seulement les angles, sur la planche de cuivre, sans les souder, afin de conserver aux deux métaux la faculté de se dilater et de s'allonger sous la pression et selon la température.

On décape la surface du cuivre avec de la cendre de bois tamisée et délayée dans de l'eau, en frottant doucement, et toujours dans le même sens, avec un chiffon de linge ou d'étoupe. On essuie ensuite la planche avec un linge propre pour enlever la poussière qui, dans l'action du décapage, a sali sa surface; puis on décalque l'autographie, on l'acidule et on l'imprime par les procédés ordinaires.

L'effaçage de l'autographie s'opère avec de la cendre et de l'eau; mais on pourrait l'effectuer plus aisément et plus convenablement avec de la pierre ponce en poudre très fine et de l'essence de térébenthine : c'est un moyen que nous avons employé sur zinc et qui nous a réussi parfaitement.

Emploi des compositions pierreuses et calcaires. Senefelder avait pris un brevet, en 1819, pour diverses compositions de cette espèce; la Société d'encouragement lui a accordé, en 1820, une mention honorable, particulièrement pour cette invention (voir le tome XIX, p. 212).

Le 30 mars 1819, M. Joseph Guilloud et Laprevôte ont obtenu un brevet pour un procédé de fabrication d'une pierre factice pour la lithographie.

En 1838, M. Berhend a demandé un brevet d'invention, actuellement déchu, pour des pierres artificielles.

Nous donnons textuellement la composition d'après l'original du brevet lui-même, déposé au Conservatoire, et dont le titre seul est publié (voir la publication des Brevets expirés).

On prend : 1° caséine pure (la matière caséeuse du lait); 2° Albumine; 3° Céruse (carbonate de plomb); 4° Chaux vive; 5° Potasse ou soude caustique; 6° Sulfate de zinc ou de cuivre; 7° Alun cristallisé.

« On mêle toutes ces substances dans des proportions variables selon la dureté et la consistance que l'on désire donner à la masse pierreuse. On met une couche mince de cette masse sur une planche de zinc, de cuivre, d'étain ou sur une feuille de papier, et on la laisse sécher auprès du feu; ensuite on presse chaque planche qui est encore polie ou grenée. »

Nous empruntons au journal *le Lithographe* (1re année, page 226) la manière de traiter ces planches pour l'impression; mais le rédacteur en chef, M. Desportes, nous apprend que les détails lui ont été communiqués par M. Berhend lui-même.

« Lorsque le travail du dessinateur ou de l'écrivain est terminé, on fait subir un lavage d'alun à la planche, s'il y a eu des grattages pendant l'exécution. Ce lavage se fait en laissant la planche environ dix minutes dans un bain d'eau alunée, on la lave ensuite à grande eau, puis on l'acidule avec un peu d'acide hydrochlorique, étendu d'eau; c'est là le point le plus délicat et le plus important de l'opération, celui qui exige le plus d'expérience. Le degré de l'acide ne peut être indiqué que par le genre de travail confié à la planche artificielle; il faut tenir compte, 1° de la qualité de l'encre ou du crayon; 2° de la fermeté du dessin ou de l'écriture; le dessin à l'encre supporte une bien plus forte acidulation. On peut, par approximation, juger du degré de force de l'acide en en faisant tomber une seule goutte sur le bord de la planche; l'apparition de petites bulles, au bout de quelques secondes, indique généralement le degré nécessaire. C'est au praticien à estimer la rapidité du dégagement des bulles et de leur nombre suivant les circonstances. On ajoute à l'acide une dissolution de gomme arabique; on étend le mélange sur la planche et on le laisse ainsi trois ou quatre minutes.

« Après cette acidulation on lave la planche comme précédemment, et on la plonge dans une décoction de noix de galle contenue dans un vase assez étendu pour pouvoir la contenir tout entière. La planche reste dans ce bain deux ou trois heures; après, on la lave sans frottement, et on la couvre d'une forte dissolution de gomme arabique, à laquelle on ajoute une petite décoction d'acide gallique.

« Il est nécessaire que la planche reste dans cet état trois ou quatre heures.

« Pour encrer la planche artificielle de M. Berhend, on la fait tremper dans de l'eau; on l'essuie légèrement; on la pose sur une pierre lithographique calée dans la presse; on prend avec une éponge un peu d'essence de térébenthine et de l'encre d'impression délayées ensemble; on fait avec cette éponge de légères frictions sur la planche, jusqu'à ce que l'encre ou le crayon du dessin soit remplacé par l'encre de l'éponge. Pendant cette opération, il ne faut pas négliger de tenir de l'eau sur la planche; enfin, on passe légèrement le rouleau, et on tire les épreuves : la pression ne doit pas être forte, surtout pour commencer.

« Si la planche faisait mine de s'empâter, ce qui dénoterait une acidulation trop faible, il faudrait l'encrer à l'encre de conservation, et la couvrir avec la dissolution de gomme arabique mêlée à la décoction de noix de galle.

« Si, au contraire, le dessin prenait difficilement l'encre, défaut qui provient d'une acidulation trop forte, il faudrait le frictionner légèrement avec un morceau de flanelle ou de drap imprégné d'huile de pied de bœuf et d'encre d'impression. Pendant l'opération, il est essentiel de tenir la planche mouillée.

« Pour fixer ces planches sur la pierre pendant le tirage, on les enduit par derrière d'un mélange composé de parties égales de colophane, de térébenthine et d'esprit de vin. »

Digitized by Google

Dans la séance du 10 mai 1841, M. Kuhlmann, de Lille, a communiqué à l'Académie des Sciences un procédé pour la fabrication des pierres artificielles :

« On fait bouillir, dit-il, pendant deux heures, des tables de craie de 5 à 6 centimètres d'épaisseur dans une dissolution de silicate de potasse d'une densité de 1,15 à 1,20. La quantité de silice absorbée dans cette opération est celle qui se trouve dans le calcaire siliceux qui constitue la pierre lithographique naturelle, c'est-à-dire 5 à 6 pour 100 du poids de la pierre. L'auteur n'a pas indiqué le mode de préparation ou d'acidulation avant l'impression, et c'est là un point très important à connaître. Nous pensons, du reste, que cette préparation doit être un peu différente de celle qu'on emploie généralement sur la pierre; et, à l'appui de notre opinion, nous pouvons citer les essais infructueux qui ont été faits par des lithographes distingués, sur les pierres calcaires et siliceuses que M. Petit a découvertes dans la commune de Mirecourt, département des Vosges. »

ÉCRITURE ET DESSIN SUR PIERRE.

A la plume. On emploie généralement pour écrire et dessiner sur pierre des plumes faites avec une lame d'acier très mince que chaque artiste taille avec un canif et une paire de ciseaux. On dissout l'encre lithographique dans un godet avec un peu d'eau, comme on le fait pour l'encre de Chine. (Voyez ENCRE LITHOGRAPHIQUE).

Au crayon. Le dessinateur emploie pour manier le crayon des porte-crayons en cuivre pour les teintes vigoureuses; des porte-crayons en carton ou en roseau, ou même un cylindre de papier roulé autour du crayon, pour les demi-teintes.

Le dessinateur doit avoir aussi : 1° un grattoir pour rectifier les fautes qu'il peut commettre, enlever les *blancs vifs*, et nettoyer les marges de la pierre. Le grattoir doit être en acier; sa forme varie selon l'idée du dessinateur.

2° Une *pointe*. C'est un instrument destiné à enlever du noir dans des parties trop vigoureuses. Il doit être en acier et monté sur un petit manche; enfin, semblable en tout à celui dont se servent les graveurs.

3° Un *blaireau*, pour nettoyer la pierre. On doit avoir soin de le tenir très propre et éloigné des corps gras. Cette espèce de brosse ou pinceau sert à enlever la poussière et les morceaux de crayon qui pourraient tomber ou rester sur la pierre pendant le travail du dessinateur.

4° Un ou plusieurs *canifs* pour tailler les crayons.

5° Du *papier-verre*. Ce papier est destiné à faire la pointe du crayon lorsqu'elle est émoussée. Son usage évite l'emploi trop fréquent du canif et une perte de temps. Il faut que ce papier soit très fin.

6° Un *miroir*. Cet instrument varie selon la grandeur de la pierre qui doit recevoir le dessin : il est nécessaire au dessinateur qui copie toujours dans un sens inverse.

9° Des petits *pinceaux* en poil de blaireau (ou une plume d'acier), un bâton d'encre lithographique et un godet. Ces pinceaux sont destinés à donner des touches vigoureuses. Pour cela, on fait chauffer le bâton d'encre à la chandelle, et comme si l'on voulait cacheter une lettre; lorsque l'encre est presque fondue, on porte le bâton dans le godet et on remue de manière à garnir les parois intérieures de cette encre; ensuite, à l'aide d'une petite quantité d'eau distillée, on la fait dissoudre en remuant la solution au moyen d'un petit tube de verre ou avec le doigt : on obtient de suite de l'encre bien liquide. Si elle s'épaissit trop, ce qui arrive souvent dans l'été, on y ajoute une petite quantité d'eau distillée, en la faisant chauffer, et en agitant l'eau chaude avec le bâton d'encre qui se dissout et qui fournit l'encre liquide. Le mélange de cette encre avec le crayon offre des ressources précieuses pour le dessin, et particulièrement pour le genre du paysage; mais il faut avoir soin de ne jamais l'employer que pour le trait, car on ne pourrait s'en servir pour faire un lavis. On doit avoir aussi le soin de laver son pinceau chaque fois que l'on s'en est servi : sans cela il serait perdu. (*Extrait du recueil de MM. Chevalier et Langlumé*, page 58).

Taille-crayon mécanique pour dégrossir et affiler la pointe du crayon gras (fig. 1470). Ce taille-crayon suggérera peut-être à un autre plus habile l'idée de faire un meilleur instrument; et comme le disait l'illustre inventeur de la lithographie, qui a cherché aussi un taille-crayon mécanique : « Si un autre le découvre avant moi, il aura de justes titres à la reconnaissance de tous ceux qui emploient le crayon lithographique, et il leur donnera beaucoup de facilité pour exécuter de bons ouvrages. »

A, A, bâtis ou supports dont le socle est muni d'un tiroir, dans lequel on renferme les crayons.

C, poulie à gorge adaptée sur axe horizontal, dont l'une des pointes *tourne à pivot* dans la vis creusée F, et dont l'autre extrémité reçoit la fraise ou taille-crayon E.

E, fraise ou taille-crayon, composé de quatre lames d'acier se coupant à angles droits et formant à l'intérieur un cône régulier, suivant la forme de la pointe que l'on veut donner au crayon.

D, grande roue que l'on met en mouvement à l'aide d'une manivelle pour faire tourner le taille-crayon E.

G, rainure dans laquelle on élève ou on abaisse l'axe de la grande roue D, pour tendre plus ou moins la corde à boyau qui transmet le mouvement à la poulie C ainsi qu'au taille-crayon.

L, règle servant de point d'appui à la main lorsqu'on veut tailler un crayon : ainsi on tient le crayon de la main gauche, on enfonce l'une de ses extrémités entre les lames du taille-crayon E, et on tourne simultanément la manivelle de la grande roue D.

Les lames du taille-crayon E rabotent et débitent la pâte du crayon en copeaux minces, qui s'engagent en partie dans les intervalles à jours ménagés entre les lames contiguës. On enlève ces copeaux de temps en temps, pendant l'opération, à l'aide d'un pinceau en poils de sanglier. Cette précaution est indispensable pour éviter la cassure du crayon. On nettoie souvent les lames avec de l'essence de térébenthine, que l'on met avec un pinceau, et on les essuie bien avec un linge propre.

Comme les copeaux sont projetés autour du taille-crayon, en vertu de la force centrifuge, il est bon de les arrêter et de les recueillir; pour cela, on pose la petite boîte en fer-blanc (fig. 1471), H I J, sur le taille-crayon, de manière que la rainure J glisse sur la règle R, et la fraise E s'engage ainsi dans le trou K.

Au moyen de cette disposition, le taille-crayon est renfermé; mais on peut toujours voir le travail, en regardant au travers des verres à vitre I, qui forment les dessus de la boîte.

On présente le crayon à la taille de la fraise, en l'engageant dans un petit trou pratiqué sur la face opposée au côté K.

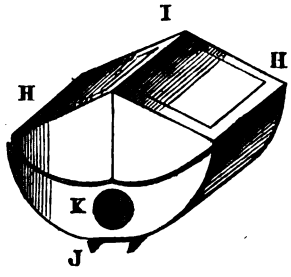
Pour tailler les crayons carrés, on commence par les arrondir un peu, en les passant dans une espèce de filière, formée d'une plaque de cuivre portant un trou de la grosseur du crayon que l'on veut avoir. Cette plaque de cuivre est montée, avec des vis, sur un morceau de bois également troué dans toute sa longueur pour laisser passer le crayon arrondi.

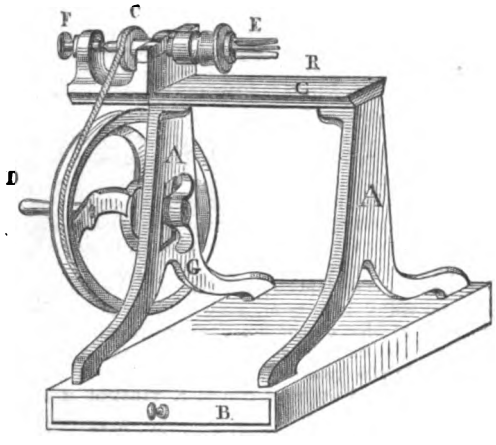
Taille-crayon circulaire de M. Coursier, mécanicien (fig. 1472). Cet instrument sert spécialement à tailler les

Digitized by Google

crayons noirs à dessiner, le fusain, les crayons de mine de plomb et de pastel, et il remplit convenablement le but; le taille-crayon, proprement dit, consiste en deux limes circulaires E, juxtà-posées de manière à former un angle dans lequel on engage le crayon pour faire la pointe. Les organes qui donnent le mouvement

1471.





1470.

au taille-crayon sont les mêmes, d'ailleurs, que ceux du taille-crayon lithographique. On fixe cet appareil sur le dessus de la table à dessiner B en serrant la vis C. Antérieurement, M. Boucher, chef de bataillon au corps des ingénieurs géographes, a imaginé un taille-crayon composé d'une lime en plan incliné, qui se meut le long de ce plan, tandis que le crayon, placé suivant la longueur de la lime, tourne sur son axe (voir le Bulletin de la Société d'Encouragement, 1821, page 164).

Le bulletin de la même Société (1834, page 107), donne la description et le dessin d'un taille-crayon inventé par M. Lahausse; il consiste en une espèce de rigole angulaire ou demi-cylindrique en bois, dans laquelle est placée une seule lime.

Un artiste anglais a inventé aussi un taille-crayon, qui est composé de deux limes qui se réunissent longitudinalement, de façon à former un angle dans lequel, après avoir disposé le crayon, on le frotte légèrement en le tournant sur tous les côtés.

Au pinceau. L'écriture et le dessin au pinceau se font à peu près de même qu'on les fait à la plume, seulement on emploie une encre moins fluide et plus alcaline. D'abord l'écriture est tracée au crayon, de droite à gauche, en prenant ses espaces, et en commençant par la première lettre du premier mot de la ligne, et en finissant par la dernière lettre du dernier mot. Ensuite on recharge ou reprend les lettres au pinceau et à l'encre; mais on

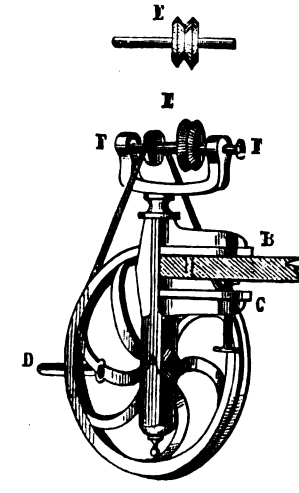
commence par le côté opposé, et on écrit le trait en allant de gauche à droite.

Avec le pinceau, on peut faire de suite les pleins; mais il est plus facile de se borner d'abord au trait délié pour faire plus tard le plein de la lettre.

Certains genres de dessins, l'architecture, l'ornement, les plans linéaires, par exemple, peuvent être exécutés au pinceau avec la perfection désirable et surtout avec une grande facilité.

Les pinceaux de martre brune que l'on emploie pour peindre la miniature et sur la porcelaine sont bons pour le dessin lithographique.

Mode d'effacer les dessins par les agents chimiques. En 1828, la Société d'encouragement a accordé une



1472.

médaille d'or à MM. Chevalier et Langlumé, pour un mode d'effaçage général ou partiel des dessins, au moyen d'une solution alcaline préparée avec 5 kilogr. d'eau et 500 gram. de potasse à la chaux (pierre à cautère). (Voir *Bulletin* de cette Société, novembre 1828, pages 357, 360).

Moyen d'employer cette solution, décrit par les auteurs eux-mêmes dans leur *Manuel de Lithographie*, page 156.

« La solution s'emploie de la manière suivante : pour opérer l'effaçage complet, on lave la pierre à grande eau, en se servant d'une éponge; on la recouvre ensuite de la solution alcaline, en se servant pour l'étendre, d'un chiffon fixé à un bâton. On laisse réagir pendant 4 ou 5 heures. Ce temps écoulé, on enlève, au moyen d'un chiffon, la liqueur qui a dissout le dessin; on lave la pierre avec de l'eau, on la laisse sécher, on recouvre une deuxième fois la pierre avec la préparation, on la laisse encore en contact pendant 4 heures, puis on répète le lavage. On peut encore aciduler la pierre après ce lavage, puis la passer à l'eau. Par mesure de précaution, on peut laisser séjourner davantage la liqueur sur la pierre avant de la laver. Lorsqu'on veut effacer une partie du dessin seulement, on lave la pierre à l'eau, puis on la laisse sécher; on trace ensuite au crayon les endroits à enlever; on la recouvre, en se servant d'un morceau de bois effilé, de la liqueur de potasse caustique; on laisse en contact, comme nous l'avons dit, et on continue l'opération de même que pour l'effaçage complet. On doit, lorsque la pierre est lavée, avoir soin de la faire bien sécher avant de dessiner de nouveau : le dessin ne tiendrait pas sans cette précaution. »

Digitized by Google

Quelques auteurs ont affirmé cependant qu'on ne peut effacer convenablement avec la préparation de MM. Chevalier et Langlumé. Le fait est exact, si l'encre qui recouvre le dessin à effacer est composée d'huile de lin seule, ou d'un corps gras, parmi lesquels l'huile de lin domine. Cette encre, étant anciennement apposée sur le dessin, est trop oxydée, et difficile alors à enlever en la saponifiant.

D'un autre côté, si le dessin est en relief, ce qui arrive souvent par suite d'une acidulation trop forte et de l'impression très prolongée elle-même, il est indispensable de frotter la pierre avec du sable ou de la pierre-ponce pour unir sa surface.

Autre moyen d'effaçage, par M. Knecht, auquel la Société d'encouragement a décerné une médaille d'or en 1828 (voir *Bulletin* de septembre 1828, page 356).

Ce moyen, applicable principalement à l'effaçage partiel d'un dessin, consiste à enlever avec de l'essence de térébenthine la partie du dessin qu'on veut effacer, en y revenant à plusieurs reprises et jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus de traces anciennes; on lave ensuite à l'eau simple, on acidule avec du vinaigre la partie nettoyée avec de l'essence et de l'eau; on laisse sécher la pierre, et on raccorde ou on termine le dessin.

Il faut avoir soin surtout de ne pas attaquer la partie dessinée qui ne doit pas être effacée, et de ne dessiner sur la pierre que lorsqu'elle est bien sèche.

Senefelder avait déjà indiqué, dans son ouvrage, le moyen d'effacer les dessins avec de l'essence et du vinaigre, et nous saisissons avec empressement cette occasion pour restituer l'invention à son véritable auteur.

Autres moyens d'effacer des dessins incisés ou gravés en creux dans la pierre. (Extrait d'un rapport fait à la *Société d'encouragement*, par M. Gauthier de Claubry. Voir le *Bulletin* de décembre 1830).

« L'acide acétique enlève bien les traits superficiels; mais il pénètre mal dans le fond des tailles profondes, et enlève difficilement la portion du dessin sur laquelle il agit.

« L'acide sulfurique attaque fortement la pierre, la recouvre d'une couche mince de sulfate de chaux, sur lequel on grave mal ensuite.

L'acide nitrique efface bien, mais il donne à la pierre un grain particulier; son action doit être prolongée quelque temps.

« L'acide hydrochlorique efface avec la plus grande facilité; les traits les plus fins disparaissent et la pierre ne change pas de grain dans le point attaqué; l'action de cet acide demande à être bien dirigée pour ne pas attaquer la pierre.

« Mais l'acide phosphorique enlève parfaitement le dessin; son action est modérée, facile à borner aux points où il est nécessaire de la produire, et le grain de la pierre n'est pas changé. C'est cet acide que MM. Knecht et Girardet avaient indiqué, et dont ils font usage dans la correction de la *Flore du Brésil*.

« Il est nécessaire que la pierre soit mise préalablement à l'encre grasse avant d'enlever à l'essence le dessin qui est tracé, et détruire ensuite, par le moyen de l'acide, les traits à remplacer. Par ce moyen, on ménage les parties environnantes et on ne risque pas de fatiguer la planche.

« La potasse ne produit que très difficilement un effet sur la pierre incisée; elle n'attaque que très peu le fond des tailles, son usage aurait d'ailleurs l'inconvénient d'être long. »

Senefelder avait dit aussi, dans son ouvrage, p. 147, que l'acide phosphorique est encore meilleur que l'eau forte pour effacer; et la *Société d'encouragement* a accordé, en 1830, un prix de 1,000 fr. à MM. Knecht et Girardet, *pour l'emploi de cet agent à effacer*, sans même citer Senefelder, le premier inventeur.

GRAVURE EN CREUX A LA POINTE SÈCHE.

Procédé décrit par MM. Chevalier et Langlumé. « On choisit une pierre grise, d'une pâte bien homogène et dure et dont les deux faces sont parfaitement unies; on la polit à la pierre ponce. Lorsqu'elle est bien poncée, on l'acidule comme s'il y avait un dessin dessus; on laisse agir la préparation pendant 25 à 30 minutes, on la lave ensuite à grande eau, et on la laisse égoutter un moment; on la gomme très légèrement une seconde fois avec une éponge pour ne pas éprouver de peine en faisant agir le burin, qui, sur une couche épaisse, glisserait et n'atteindrait pas. Il faut que cette couche soit seulement assez forte pour que la main ne puisse l'enlever entièrement, lorsqu'on l'appuie dessus, et que le soufle (l'haleine) ne la détrempe pas. Lorsque la gomme est sèche, ce qui ne demande que quelques instants, on la noircit et on la rougit (selon la volonté de l'artiste) en jetant sur la couche de gomme de la poudre de sanguine, de vermillon ou de noir de fumée; à l'aide d'un léger frottement, et en se servant de coton, on étend la couleur sur toute la surface; elle est nécessaire pour qu'on puisse apercevoir le travail que fait la pointe. On procède ensuite au décalque du dessin, en se servant d'une encre opposante à celle qui est sur la pierre, en passant sur tous les traits du dessin avec une pointe émoussée, afin de ne pas égratigner la couleur de gomme ou la pierre; on peut aussi, et sans faire de décalque, tracer directement son dessin sur la pierre. (Voy. DESSIN).

« Le calque terminé, ou l'esquisse faite au crayon, le dessinateur, muni de pointes et de burins de différentes sortes, grave son dessin, qui doit paraître en blanc, pour faire opposition à la couche noire ou rouge. Il faut avoir soin de ne pas trop creuser les lignes fines. Sans cela, le dessin ne viendrait pas au tirage, le papier ne pouvant pénétrer au fond de ces lignes. Les lignes larges se pratiquent, soit avec un burin qui donne d'une seule fois toute la largeur du trait, soit avec de petites pointes, en y revenant à plusieurs reprises. A mesure que l'on grave la pierre, il y a production de poussière blanche, qu'on doit enlever, soit avec une petite brosse, soit avec un blaireau, ou bien encore en soufflant dessus avec un soufflet; il ne faut pas se servir de l'haleine, dans la crainte de donner au travail une humidité qui lui serait nuisible. Lorsqu'on s'occupe de graver sur pierre, il faut éviter de laisser tomber sur la pierre, en travaillant, des corps gras, et même d'y porter les mains. Le travail, lorsque la pierre a été salie par de la graisse ou de l'huile, devient très difficile; la pointe est sujette à glisser et peut donner lieu à des accidents dans le dessin; en outre, la couche de gomme étant très mince, elle peut être pénétrée par le corps gras, ce qui, lors du tirage, donnerait lieu à des taches.

« On doit aussi éviter de laisser tomber de l'eau sur la pierre, ou de la mouiller de toute autre manière; l'eau dissolvant la gomme, la solution pourrait s'introduire dans les traits et les rendre impropres à prendre le noir. La gravure sur pierre offre quelques difficultés pendant les temps froids. La pierre plus froide que la température du lieu, se couvre d'eau qui dissout la gomme et donne lieu à des accidents qui empêchent le travail. On doit donc, pour éviter ces accidents, tenir la pierre dans un lieu dont la température soit égale, afin que l'eau ne se condense pas sur la surface de la pierre et ne dissolve la gomme.

Corrections. « Il est difficile de corriger les faux traits qui auraient pu échapper à l'artiste dans la gravure de la planche. On est obligé, pour ces corrections, de gratter; et si l'on n'y prend garde, on forme alors une concavité dans laquelle on trace une partie du dessin qui ne vient pas au tirage : pour éviter cet inconvénient grave, il faut donc avoir soin de gratter légèrement, en

Digitized by Google

prenant d'un peu plus loin, pour venir en mourant, afin de ne point faire un trou, mais seulement une concavité peu apparente, peu sensible; lorsque le grattage est terminé, on acidule l'endroit gratté, à l'aide d'un petit pinceau; on gomme ensuite, et lorsque la couche gommeuse est sèche, on noircit ou rougit cette place, et on raccorde à la pointe le dessin pour le lier aux parties environnantes. Si on ne devait pas faire de dessin à la place qui a été grattée, il faudrait seulement passer un peu de préparation qui empêcherait les faux traits, qu'on aurait effacés, de prendre le noir lors du tirage.

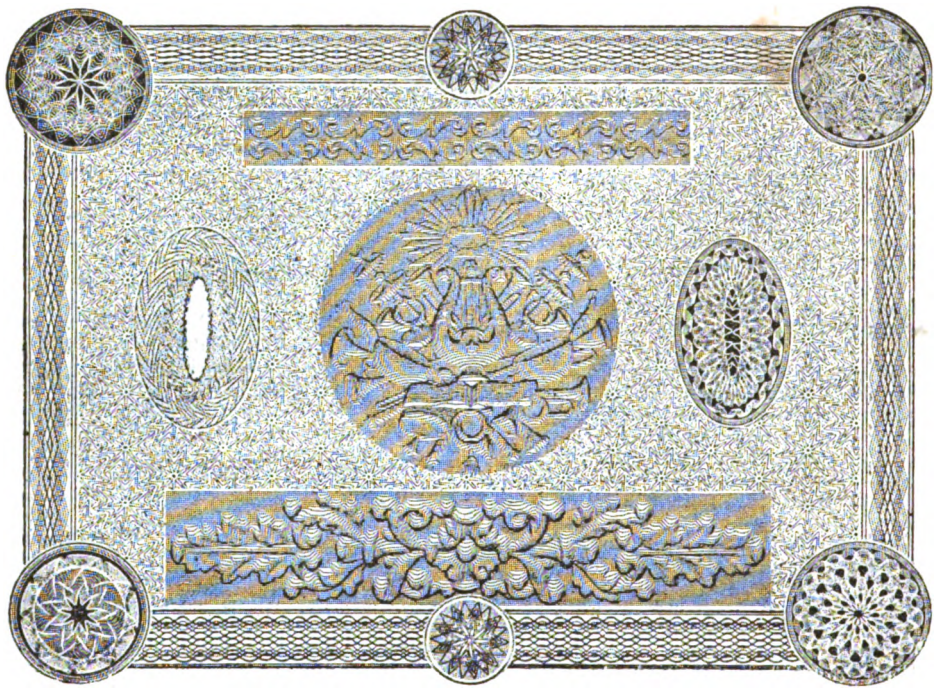
De l'encrage de la pierre. « Avant de procéder à l'encrage, il faut s'assurer que la pierre n'est point humide. On prend une encre faite avec un vernis léger (l'encre qui sert pour les écritures), on y ajoute un peu de suif et de noir de fumée; on broie le tout sur un marbre avec un couteau à palette, on le passe le plus promptement possible sur toute la surface de la pierre avec une petite brosse à peindre; on fait entrer ce noir dans les traits de la gravure; ensuite on prend un morceau de flanelle trempée dans l'eau de gomme, on frotte légèrement la surface de la pierre, et tout le noir ou le rouge disparaît par ce lavage; le dessin qui avant cette opération se détachait en blanc sur un fond de couleur, se détache alors en noir sur un fond blanc. »

GRAVURE EN CREUX A L'AIDE DE LA MACHINE DITE A GUILLOCHER. Voy. *Tour à guillocher.*

Ce genre de gravure consiste à reproduire avec des lignes d'une régularité mathématique, des fonds de ciel, des eaux, des grisés de plusieurs genres, des moirés, des hachures dans tous les sens, des ondulations, des portraits, des cercles et des ellipses concentriques et excentriques tellement rapprochés et si ténus qu'il est souvent difficile, pour ne pas dire impossible, à l'œil le mieux exercé de pouvoir les compter. Ces dessins peuvent être imprimés soit au moyen de la presse lithographique, soit a l'aide de celle employée dans l'imprimerie en taille-douce.

Le dessin (fig. 1473) réunit quelques-uns des effets que l'on peut produire par ce genre de gravure d'une exécution très facile et très prompte. La matrice *ou le type* de ce dessin a été gravé d'abord en creux sur une pierre dure de Munich, à l'aide d'une machine à guillocher, considérablement simplifiée et perfectionnée par M. Neuber, très habile mécanicien. Sur ce type, on a tiré une épreuve qu'on a transportée ensuite sur une seconde pierre lithographique; puis M. Neuber a préparé et gravé, à l'aide de l'acide nitrique, le dessin en relief, qui a été cliché par les procédés ordinaires.

GRAVURE EN RELIEF AU MOYEN DES ACIDES. — Dufay décrivit le premier, en 1738, le procédé à suivre



1473.

pour ce genre de gravure (comme nous l'avons dit précédemment). C'est le même procédé que Senefelder a ressuscité, en 1796, et qui se trouve compris dans le brevet d'invention qu'André a pris en France en 1802.

En 1810, Duplat a demandé un brevet pour un autre moyen de gravure qui comprend les opérations suivantes :

1° La méthode de vernir la pierre calcaire, ce qui s'exécute absolument de la même manière qu'on le pratique pour les planches en cuivre; mais, au lieu d'enlever à la pointe le dessin qu'on a décalqué sur la pierre, on fait disparaître au contraire tout ce qui doit rester blanc à l'impression, et on ne laisse que le trait;

2° La maniere de faire mordre au moyen de l'acide nitrique affaibli au point de ne marquer que 2° à l'aréomètre de Beaumé. Quand les parties serrées du dessin que l'on fait mordre sont assez profondes, on lave la pierre dans l'eau claire; on enlève le vernis avec de l'essence; on laisse bien sécher cette pierre, on la recouvre ensuite avec du vernis en liqueur pareil à celui dont se servent les graveurs en taille-douce, et on recommence à faire mordre, jusqu'à ce que chaque partie soit arrivée à la profondeur désirée. On recouvre ainsi de suite toutes les parties, dont les blancs ne sont

Digitized by Google

pas suffisamment profonds ; on les creuse encore à l'échoppe ou au burin d'une quantité suffisante pour que l'imprimeur, avec ses balles, ne puisse atteindre le fond de la gravure, ce qui noircirait le papier.

Comme on voit, le procédé de Duplat diffère peu de celui déjà décrit par Dufay, et il lui est même inférieur sous le rapport de la promptitude et la sûreté des opérations. On comprend aisément qu'il est plus long et plus difficile de creuser la pierre avec un burin, comme l'a fait Duplat, que de dessiner et d'écrire dessus avec un pinceau ou une plume, comme Dufay l'a pratiqué.

Au résumé, le point difficile de la gravure en relief est de composer un vernis susceptible de s'employer facilement, de s'attacher fortement à la pierre, et de ne pas se détacher par l'action de l'acide ; en un mot, le meilleur moyen consiste à dessiner et à écrire à la manière lithographique ordinaire sur la pierre, à couvrir les traits avec un vernis, à attaquer ensuite celui-ci par le moyen d'un acide, et à obtenir des traits assez en relief pour qu'il soit possible d'en tirer des épreuves.

Voilà le problème que M. Girardet a résolu, et pour lequel la Société d'Encouragement lui a décerné un prix de 2,000 francs en 1831 (voir le rapport fait à la Société d'Encouragement par M. Gauthier de Claubry, *Bulletin* de décembre 1831).

« C'est à la confection d'un vernis facile à préparer et peu coûteux, dit le rapporteur, qui s'applique avec une grande facilité sur le dessin lithographique et qui adhère tellement à la pierre qu'il peut supporter l'action d'un acide assez fort pour la creuser profondément sans qu'il s'en détache, même dans les plus petits détails, que M. Girardet a dû le succès qu'il a obtenu.

« Voici le procédé qu'il a suivi pour sa préparation. On fait fondre dans un vase neuf en terre vernissée en dedans :

62 grammes de cire vierge,
16 grammes de poix noire,
16 grammes de poix de Bourgogne.

« On y ajoute peu à peu 62 grammes de poix grecque, ou asphalte réduit en poudre fine (1).

« On laisse cuire le tout jusqu'à ce que le mélange soit bien fait : on retire alors le vase du feu ; on le laisse un peu refroidir, et on verse la matière dans l'eau tiède, afin de la manier facilement : on en fait de petites boules que l'on dissout au fur et à mesure du besoin dans de l'essence de lavande en quantité suffisante pour obtenir un vernis du degré de consistance convenable.

« Ce vernis s'applique avec la plus grande facilité sur la pierre, en se servant du rouleau à la manière ordinaire. Quand la quantité que l'on juge convenable y a été fixée, on borde la pierre avec de la cire comme pour une eau-forte, et on verse dessus de l'eau à la hauteur de quelques lignes, puis de l'acide nitrique étendu d'eau en quantité suffisante pour que l'action ne soit pas trop vive ; au bout de cinq minutes, la liqueur ayant été retirée et la pierre lavée, on la laisse sécher et on passe de nouveau le rouleau imprégné du même vernis, de manière à bien garnir les caractères ou les traits du dessin, et, après qu'elle a été bordée de nouveau, on l'acidule une seconde fois, pendant trois à quatre minutes, et on lave comme la première fois.

« Par cette seconde application, le vernis, qui adhère fortement aux traits, forme un relief assez considérable pour que l'on puisse tirer des épreuves à sec.

« Les essais faits en présence de vos commissaires ont prouvé que des traits faits sur une pierre et encrés avec le vernis dont nous nous occupons viennent dans toute leur intégrité, lorsqu'après l'action de l'acide



1474.

(1) La recette de ce vernis est exactement la même que celle qui a été publiée en 1775 dans un livre intitulé : *L'Art de graver au pinceau, par Stapart*, qui l'avait puisée, comme il l'avoue lui-même, dans l'*Encyclopédie*. C'est ce qui a fait dire, depuis, à plusieurs auteurs, que M. Girardet n'avait rien inventé.

Digitized by Google

leur relief leur permet d'agir comme caractères typographiques.

« Ainsi, on peut dessiner sur la pierre une carte de géographie ou tout autre objet, y tracer des lettres ou des chiffres, écrire ou dessiner sur papier autographique et faire le transport sur pierre, puis donner ensuite aux traits une saillie qui permette de mouler le tout et de le clicher avec la plus grande solidité. »

M. Tudot, dans son *Traité de Lithographie*, 1834, page 124, ajoute :

« Mais il est indispensable, après avoir fait mordre, de retoucher au dessin avec un burin, pour donner de la netteté à quelques traits, et avec l'échoppe de creuser dans les parties larges pour obtenir un bon cliché.

«L'acide hydrochlorique serait peut-être préférable à l'acide nitrique, en ce qu'il agit d'une manière plus uniforme. »

Depuis quelques années, M. Tissier, chimiste distingué, a perfectionné les procédés chimiques de la gravure sur pierre, et nous sommes heureux de publier un de ces travaux (fig. 1474) qui met nos lecteurs à même de juger le degré de perfection auquel il est parvenu. Disons, en passant, que la gravure sur pierre, exécutée par ses procédés, présente une économie d'au moins 30 p. 100 sur la gravure sur bois; et voici les perfectionnements qu'il a imaginés pour arriver à ce résultat.

Il débite mécaniquement les pierres suivant la grandeur du dessin et la hauteur que le type doit avoir pour être imprimé avec des caractères typographiques. L'artiste lithographe dessine sur la surface polie de la pierre à la manière accoutumée, et M. Tissier applique sur ce dessin, par un procédé qui lui est propre, un vernis très adhérent; ensuite il fait mordre la pierre pendant un temps plus ou moins prolongé suivant la nature du dessin, avec une préparation qui est, dit-on, composée d'acide pyroligneux rectifié, d'acide hydrochlorique et d'alcool en proportions définies; puis il lave la pierre et la fait sécher.

Lorsque la pierre est parfaitement sèche, il applique sur le dessin une deuxième couche d'un vernis liquide qu'il étend sur les deux côtés des traits en relief par des procédés particuliers : les uns assurent qu'il étend d'abord le vernis avec un rouleau de gélatine et qu'il le fait fondre ensuite sur les côtés des traits par l'action d'un fer à repasser chaud qu'il promene sur toute la surface de la pierre; les autres prétendent, non sans raison, qu'il emploie des femmes dont le travail consiste à étendre le vernis avec un pinceau.

Cela fait, M. Tissier fait mordre la pierre une seconde fois, puis une troisième, et quelquefois même une quatrième, en ayant soin de bien recouvrir chaque fois les traits en relief avec du vernis. On peut compter facilement le nombre des morsures qu'il emploie par le nombre des crans ou escaliers qui sont formés sur les deux côtés des traits.

Enfin, M. Tissier fait clicher ses gravures par les procédés connus; généralement les gravures elles-mêmes sont imprimées avec les textes sous la presse typographique.

Le procédé de M. Neuber diffère un peu de celui de M. Tissier. Ainsi M. Neuber fait mordre la pierre d'un seul coup en la trempant dans un bain d'acide nitrique marquant de 3 à 5° suivant la nature du dessin (3° pour les dessins fins et légers, et 5° pour les dessins plus larges et plus fermes) et à la température moyenne de 15 à 16°. La dureté plus ou moins grande de la pierre influe beaucoup aussi sur le degré de la préparation. On laisse agir l'acide pendant un temps variable de 5 à 25 minutes, en ayant égard à la nature du dessin, au degré de dureté de la pierre et au relief qu'on veut avoir; on surveille pendant ce temps l'action de l'acide; on enlève et détruit, avec la barbe d'une plume, les bulles qui se forment à la surface de la pierre.

Lorsqu'on croit que l'acide a agi suffisamment, on retire la pierre du bain, on la lave dans l'eau propre et on la fait sécher.

M. Neuber emploie un vernis particulier, mais dont les principes constituants sont toujours, quoiqu'il ne les dise pas : la cire en plus grande quantité, le suif, la poix noire de Bourgogne, la colophane et le bitume de Judée purifié que l'on fond ensemble sur un feu doux.

DESSIN AU LAVIS. *Imitation de l'aquatinta.* Sénéfelder a encore indiqué, dans son ouvrage, les principes essentiels de ce genre de dessin, et nous allons donner un aperçu des différents perfectionnements qui ont été apportés depuis.

En 1819, Engelman a pris un brevet pour un moyen de faire des dessins au lavis, en appliquant successivement les différentes teintes dégradées sur la pierre préparée, comme pour le crayon, au moyen d'un tampon fabriqué avec de la peau de mouton blanche que l'on remplit de coton, en laissant le côté de la chair à l'extérieur. On étend préalablement une légère couche de gomme, avec un pinceau, sur les parties claires que l'on veut réserver.

Lorsque la gomme est sèche, on frotte le tampon dans une encre lithographique mêlée avec de la térébenthine de Venise (voir sa composition dans le tome XI des Brevets expirés, page 287); on l'essuie sur une pierre lithographique pour enlever l'excédant de l'encre. Quand le tampon ne retiendra plus que l'encre nécessaire au ton local que l'on veut donner au dessin, on commence à tamponner les teintes du fond.

Lorsque les teintes du fond sont sèches, on passe une seconde couche de gomme sur ces teintes, et on renforce les autres, en les tamponnant de nouveau jusqu'à ce qu'elles aient atteint le ton désiré; aussitôt qu'elles sont sèches, on lave toute la pierre pour enlever la gomme. On la laisse sécher parfaitement, et on dessine ensuite par-dessus les teintes tamponnées avec un crayon lithographique.

M. Devéria s'est avisé depuis de faire des dessins au lavis, en lavant d'abord la pierre avec une encre lithographique; puis il a modifié les teintes foncées, posées du premier jet sur la pierre, en les usant avec un chiffon de flanelle (1).

De son côté, M. Dorschwiller a fait une application heureuse au dessin au crayon du procédé d'enlevage employé par M. Devéria, en enlevant le crayon fixé sur la pierre avec du papier végétal; cet artiste distingué, doué d'une persévérance admirable, est parvenu, avec succès, à modifier les teintes, et, ce qui est plus difficile encore, à les faire avec précision. Voici en quoi consiste son moyen : On prend un morceau de papier végétal; on l'applique sur le dessin; et avec une pointe en bois on trace sur ce papier les parties que l'on veut enlever, en appuyant assez pour le faire adhérer au crayon; on soulève alors le papier pour emporter la portion du crayon qui s'y est attachée; on reporte ensuite une partie blanche du papier sur le contour; et on recommence à frotter avec la pointe en bois pour enlever une nouvelle partie de crayon, et on répète plusieurs fois la même opération jusqu'à ce qu'on soit parvenu à enlever convenablement le crayon. La transparence du papier permet de tracer plusieurs fois à peu près dans le même contour.

Le principal mérite de ce procédé est de ne pas détruire le sommet des aspérités du grain et d'éviter le frottement que la flanelle exige pour enlever le crayon auquel elle adhère trop. Seulement il ne faut pas chercher à enlever le crayon d'une seule fois en

(1) Ce moyen est dû, dit-on, à M. Motte, imprimeur lithographe, et M. Lemercier a inventé le procédé de laver la pierre avec le crayon dissous dans l'essence de térébenthine.

Digitized by Google

appuyant fortement, parce que, au lieu de s'attacher davantage au papier, le crayon ne fait que pénétrer plus profondément dans le grain de la pierre, et on ne peut plus l'enlever.

« Au lieu du chiffon de flanelle employé par M. Devéria pour modifier les teintes lavées du premier coup sur la pierre avec de l'encre lithographique, quelques artistes font usage de brosses à peindre coupées à la longueur de 4 à 5 millimètres. On emploie aussi des patrons découpés pour couvrir les parties qu'on craint de salir, et on brosse plus ou moins fort, suivant qu'on veut éclaircir. Ainsi que pour les flanelles, plus les brosses sont propres et mieux on éclaircit les teintes; la brosse agit plus efficacement sur les parties claires; la flanelle suffit pour user les tons foncés. Avec l'un ou l'autre de ces moyens, lorsqu'on a obtenu une ébauche convenable, on continue l'exécution du dessin en reprenant l'encre et les pinceaux pour faire les détails; s'ils se détachent en vigueur sur un fond clair, on les fait à l'encre, et pendant que la touche d'encre est encore humide on peut, avec un petit chiffon de toile, enlever l'encre en quelques parties et les modeler. Les détails faits avec une couche d'encre épaisse se modifient aisément; si ces détails se détachent en clair sur un fond vigoureux, on ne prend que de l'eau dans le pinceau, on silhouette la partie qu'on veut enlever en clair et aussitôt l'encre est amollie; on l'enlève avec un morceau de toile, en s'y prenant de la même manière qu'avec la flanelle; enfin, on termine en enlevant avec le grattoir des lumières vives que la teinte générale n'a pas permis de conserver. »

Tel est l'exposé du moyen de faire un dessin au lavis avec l'encre lithographique qui, suivant M. Tudot, réussit le plus souvent; mais il faut qu'il soit employé par des artistes d'une adresse extraordinaire; ce moyen ne laissant que la facilité de dégrader un ton sans permettre de l'effacer entièrement et d'en refaire un autre à la place.

En 1831, M. Gingembre a publié des lithographies lavées, par un procédé analogue et plus sûr, sur une pierre grise de Munich, avec un pinceau et deux encres d'une composition différente. Nous allons indiquer le procédé publié par l'auteur lui-même (voir *Manuel de Lithographie*, de Tudot, 1834, page 152).

« On peut employer deux espèces d'encre pour le lavis : 1° l'encre de M. Lemercier pour les teintes claires, parce qu'il est facile de la modifier, de la modeler et même de l'enlever presque entièrement; la teinte légère qui adhère à la pierre est fine et transparente, et ne peut nuire; 2° l'encre de M. Desmadryll pour les teintes vigoureuses. On l'applique, en dernier lieu, quand il reste peu de chose à faire; elle présente l'avantage de ne point s'empâter au tirage, et les noirs conservent de la transparence sans perdre de leur vigueur. »

La teinte d'encre est enlevée ou étalée, soit à l'aide d'une brosse à peindre le velours, soit à l'aide d'une estompe de flanelle; enfin, les demi-teintes et les blancs s'obtiennent à l'aide du grattoir.

Manière noire, par M. Tudot (1). La manière noire de M. Tudot consiste à couvrir de crayon la surface de la pierre, puis à diminuer la quantité de crayon formant un ton uniforme noir, pour en obtenir la dégradation jusqu'à la teinte la plus claire (voir son *Traité de Lithographie*, 1834, p. 178).

Les principaux moyens d'enlever le crayon de la surface de la pierre sont :

1° La flanelle;

2° L'égrainoir, espèce de *gratte-bosse* de doreur, composée de fils d'acier très minces, désignés dans le commerce sous le nom de cordes de Nuremberg;

3° Les pointes en buis et en ivoire.

M. Lemercier s'est approprié, en 1842, le genre de lavis inventé en 1838 par M. Hummandel de Londres, mais il l'a tellement changé, qu'il peut, sous beaucoup de rapports, être considéré comme inventeur.

Pour parvenir à imiter le lavis, ou plutôt l'aqua-teinte au pinceau, ce qui est plus vrai, cet artiste habile a imaginé de laver la pierre grenée et préparée avec une encre composée, dit M. Boquillon (1), « de différents corps intimement mélangés, mais non combinés, avec une substance d'une extrême divisibilité, et fa ilement attaquable par l'acide employé à la préparation de la composition, ou pouvant s'éliminer par le lavage. Les doses de cette substance varient avec la nature du dessin à faire, et plus elle est abondante, moins l'épreuve a de vigueur. »

Cette substance, extrêmement divisible, est tenue secrète par l'auteur; mais les lithographes les plus érudits prétendent que ce n'est pas autre chose qu'une solution de savon plus ou moins concentrée. Quelques-uns assurent que cela pourrait être aussi bien du carbonate de soude ou de potasse. D'autres disent qu'on pourrait faire des aqua-teintes au pinceau, en lavant la pierre soit dans une composition de galipot ou de résine ordinaire et d'arcanson, que l'on fait dissoudre à froid dans quatre fois son volume d'alcool anhydre, soit avec une espèce d'encre lithographique, à laquelle on mêlerait, en proportions définies, du sable fin ou de la pierre-ponce très fine, ou de la poussière de pierre lithographique ou de cendre tamisée, ou des os de mouton calcinés et pulvérisés, etc. Disons, à notre tour, que ce dernier moyen se rapproche beaucoup de celui employé ordinairement par les graveurs en taille-douce pour faire des fonds d'aqua-teintes; et tout porte à croire qu'il pourrait être employé ainsi et fort utilement sur la pierre et sur le zinc, sauf à achever ensuite le dessin par les procédés ordinaires de la gravure à l'aqua-teinte. Nous doutons cependant que ce moyen soit goûté par les artistes lithographes, habitués seulement à dessiner avec une plume ou un crayon sans jamais s'occuper de faire mordre la pierre par l'acide.

Au résumé, nous répétons qu'avec le lavis sur pierre il est difficile de produire un nombre d'épreuves un peu considérable, et dans un état de perfection satisfaisant. M. Lemercier lui-même se rend à cette opinion, et il ne s'occupe même aujourd'hui que de vulgariser le dessin à l'estompe, qui offre beaucoup plus de ressources sous le point de vue de l'art et peu ou point de difficultés à l'impression.

Dessin à l'estompe. — La première idée du dessin à l'estompe appartient encore à Sénéfelder, qui a décrit ses premiers essais dans son *Traité*, page 257. Son crayon était composé de vitriol (sulfate de protoxyde de fer), de tartre (tartrate acide ou bi-tartrate de potasse) et de noir de fumée. Il dessinait sur une pierre polie, grossièrement préparée avec de l'acide nitrique et une infusion de noix de galle, lavée et séchée, avec une estompe en papier frottée de ce crayon.

Le dessin fait, il opérait comme nous l'avons dit plus haut.

Le crayon de M. Lemercier, au contraire, est très dur et formé de plusieurs corps gras résineux unis ensemble par la cuisson. Nous n'en connaissons pas bien au juste la composition, et nous n'avons pas même besoin de la connaître ou de la faire connaître aux ar-

(1) En 1831, la Société d'Encouragement a décerné à M. Tudot un prix de 2,000 fr., pour l'emploi des instruments qui concourent à son exécution.

(1) Voir ses études techniques sur l'exposition de l'industrie en 1844, publiées dans la Revue scientifique et industrielle de Quenesville, 8 octobre 1845.

Digitized by Google

tistes, puisque M. Lemercier, mû par un sentiment de générosité digne des plus grands éloges, donne ses crayons à qui veut dessiner, et ne les vend jamais. Cependant nous croyons devoir dire en passant qu'on peut fabriquer chez soi des crayons propres à l'estompe, avec de la bougie stéarique à laquelle on mêle à chaud du noir de fumée en quantité pour colorer, ou avec du crayon noir de Conté que l'on imprègne de suif de mouton et d'un peu de savon, en les faisant bouillir dans cette solution pendant un certain temps.

Dessin au frottis avec des lumières ou rehauts en blanc et en relief, par M. Lemercier. Vous décalquez le dessin sur une pierre, acidulée et enduite d'un vernis mou, dans lequel on mêle du suif, ou du mastic en larmes, ou du vernis gras au copal. Le vernis étant un peu transparent, laisse voir le dessin; et l'artiste dégrade les blancs à l'aide d'un grattoir; l'imprimeur fait mordre ensuite la pierre par l'acide nitrique plus ou moins fort et à plusieurs reprises, afin d'obtenir des blancs plus ou moins en relief; les fonds de ciel, s'il y en a, sont faits en dégradant la couche de vernis, soit avec de la pierre-ponce en poudre, soit, ce qui vaut mieux, avec de la sèche; puis, à l'aide du crayon d'estompe, on modèle tous les nuages que l'on veut avoir en vigueur, et, au moyen du grattoir, on enlève les parties que l'on veut produire en blanc.

Au moyen de points de repères et de deux impressions successives, on obtient des estampes qui semblent faites à l'estompe avec des rehauts en relief mis au pinceau.

TRANSPORT *des écritures ou dessins à la plume ou imprimés.* On fait remonter seulement jusqu'à Sénéfelder l'emploi de ce procédé. Cependant un usage antérieur en avait été fait en France, vers l'an 1642, par Bosse, graveur du roi, pour composer des planches différentes, propres à imprimer des estampes en plusieurs couleurs (voir son livre de la manière de graver à l'eau forte, édit. de 1778, pages 165 et 173).

Sénéfelder a inventé, cependant, et c'est là le point important, la meilleure manière de faire les transports, *au moyen du papier autographique et d'une encre spéciale*, etc. Nous donnerons plus loin les préparations du papier autographique que l'on peut adopter avec assurance.

Procédé pour transporter sur pierre des gravures en taille-douce, des gravures sur bois, des caractères typographiques, etc., par M. Kœpplin (extrait d'une note adressée à la Société d'encouragement, par l'Auteur lui-même; voir *Bulletin* de 1842, page 223). — « Voici comment je procède : je fais les épreuves des planches-mères, soit lithographiques, soit typographiques, avec de l'encre grasse ordinaire, dite de transport; c'est-à-dire une encre qui n'a rien de particulier de celle des autres lithographes; je n'ai donc pas besoin de la décrire ici, puisque ces encres sont connues. Quant aux épreuves-mères, de taille-douce, je les fais avec une encre grasse que je compose expressément pour ce travail, afin que les tailles qui ont une certaine épaisseur ne soient pas écrasées par la pression au moment du décalquage. »

« Cette encre est composée de 12 parties de cire, 4 p. de cire, 4 p. de savon d'huile, 16 p. de colophane, 12 p. de vernis lithographique faible.

« Je fais fondre tous ces ingrédients ensemble, et je broie le tout avec du noir de Francfort qui me sert à tirer mes gravures. Après avoir mis mes épreuves-mères sur du papier autographe, je fixe sur une feuille de papier ordinaire, avec de la colle à bouche, ces différentes épreuves, à la place qu'elles doivent occuper; je porte alors le tout sur la pierre lithographique, et je fais le décalque, et le reste de l'opération, comme pour une simple autographie. »

Diverses manières de contre-épreuver des estampes anciennes. On lit dans le *Traité pratique de la gravure*, par Papillon (édit. de 1766), la méthode suivante, qui est excellente pour contr'épreuver :

« On prend du savon de Venise qu'on coupe en petits morceaux, une pareille quantité de cendres de bois de chêne, et autant de chaux vive (1); on fait bouillir le tout dans un pot, on frotte légèrement avec une plume trempée dans cette liqueur, l'estampe dont on veut tirer la contre-épreuve; on aura aussi préparé une feuille de papier. Lorsqu'elle est bien humectée, on l'applique sur l'estampe, et on la met sous la presse d'un imprimeur en taille-douce; à défaut de la presse on peut se servir d'un *lissoir*. »

Sénéfelder est le premier qui ait songé à contre-épreuver une vieille gravure sur pierre, et à s'en servir ensuite comme d'un type original pour imprimer. Ses premiers essais datent, dit-on, de 1810 (voir son *Traité*, page 188).

M. Marcel de Serres a publié le premier en France, en 1814, dans une notice sur l'*art de la Lithographie*, un procédé possible de transporter et de reproduire une vieille gravure en la colorant de nouveau avec une encre typographique ordinaire ou résineuse (voir t. LII, page 79, des *Annales des arts et manufactures.*)

« Il faut, dit-il, humecter le papier avec des acides étendus d'eau, qui attaquent la colle du papier pour le rendre plus perméable à ce dernier liquide, en empêchant le papier de recevoir le noir du tampon. Mais, pour que l'encre ne se mêle point avec les acides, on passe sur la planche une couche légère de gomme, qu'on a soin d'étendre avant de tirer des épreuves. »

En 1839, MM. Dupont frères ont pris un brevet d'invention pour un moyen de reproduire les vieilles impressions; ce procédé offre de l'avantage, en ce qu'on peut reproduire l'original sans l'altérer sensiblement; mais son emploi, comme tant d'autres, est difficile et ne réussit pas toujours. Depuis, une foule de lithographes de tous les étages se sont ingéniés à vouloir reproduire les vieilles gravures sur bois par l'impression lithographique. Aussi les procédés ont-ils été variés à l'infini, et chaque artiste a-t-il un prétendu secret pour arriver au but avec plus ou moins de succès.

Ce qu'il y a de certain et de bien positif, c'est que personne encore n'a reproduit des gravures en taille-douce, et la difficulté tient à plusieurs causes que nous expliquerons plus tard, en indiquant les procédés que nous avons essayés, sans les porter au degré de perfection dont ils sont susceptibles.

Autre moyen de transporter et d'imprimer sur le zinc une gravure ou impression quelconque, que l'on appelle en Allemagne *impression anastatique* (voir le *Polytunisch, journal de Dingler*, Ier cahier de juin 1833).

« Il faut que la surface du zinc soit d'abord polie à l'émeri et à l'eau, puis, après l'enlevage de la boue avec un papier brouillard, bien propre, on polit à sec avec de l'émeri ou du papier fin, jusqu'à ce qu'elle présente un poli parfait. Pendant le polissage il faut avoir soin de ne frotter que dans un sens, afin que le frottage produise sur la plaque une foule de lignes parallèles qui soient coupées le moins possible par d'autres, le parallélisme facilitant beaucoup l'application de l'encre.

« Lorsque l'impression, ou ce qu'on appelle l'original, n'a pas plus de deux mois de date, il est encore suffisamment frais pour donner une impression, en le préparant de la manière suivante :

« On le presse entre deux feuilles de papier, et on le lisse avec un brunissoir; alors on le place sur une feuille de papier brouillard et on l'humecte à l'envers

(1) Cette composition est remplacée aujourd'hui par un produit similaire que l'on nomme dans le commerce potasse caustique.

Digitized by Google

avec un mélange d'acide et d'eau, dans la proportion de 1 partie d'acide nitrique pour 8 parties d'eau.

« Quand l'original date de plus de deux mois, on l'introduit dans un vase de verre ou de porcelaine contenant un mélange d'acide nitrique, pendant un espace de temps qui varie de 4 heures à 7 jours; l'expérience seule servant à décider le temps qu'un original doit demeurer dans la liqueur.

« Quand on a, par ce moyen, obtenu un original imprégné d'acide, on le comprime entre deux feuilles de papier brouillard, afin d'y faire répartir l'acide et d'enlever ce qui pourrait être superflu. En cet état, l'original est prêt à donner une impression, et on le presse sur une plaque de zinc. L'acide attaque cette plaque, excepté dans les points où elle est protégée par l'encre et produit ainsi une *eau forte négative*.

On voit que le succès de ce procédé repose sur la propriété que possède l'encre de résister à l'acide, et que cette encre doit être de nature grasse ou savonneuse comme l'encre lithographique, et avoir été chargée en quantité suffisante; par conséquent ce procédé serait peu applicable aux vieilles gravures ou impressions chez lesquelles l'encre se serait altérée. Pour remédier à ce défaut, on encre de nouveau l'original par un procédé chimique.

« On trempe la feuille imprimée dans une solution d'abord de potasse, et ensuite d'acide tartrique. Il résulte de là que toute la partie non imprimée s'imprègne de petits cristaux de bi-tartrate de potasse. Comme ce sel repousse l'huile, on peut passer le rouleau chargé d'encre sur la surface du papier, et l'encre ne s'attache qu'aux parties imprimées. On enlève ensuite le tartre par un lavage à l'eau, et l'on contre-épreuve l'impression sur la plaque de zinc. On la laisse reposer pendant quelque temps (1).

« On acidule, on prépare ensuite la planche de zinc avec une solution de gomme et d'acide phosphorique affaibli par de l'eau, et l'on imprime comme à l'ordinaire. Mais au bout d'un certain nombre d'épreuves, les lignes s'épaississent et le dessin s'altère; cet accident est évité en frottant de temps en temps la planche avec une solution d'acide phosphorique affaibli. »

Procédé de M. Knecht, pour transporter les vieilles gravures (extrait du *Technologiste*, décembre 1840). « Imbibez la feuille à réencrer de gomme arabique, posez-la sur un marbre, versez dessus de la soude caustique de 12 à 15 degrés. Laissez cet alcali de quinze à vingt minutes, en essayant de temps en temps sur un mot, si le corps gras commence à revivre. Aussitôt que vous verrez que la soude aura assez agi sur les caractères, jetez de l'eau sur la feuille pour enlever l'alcali, versez-y de l'essence de térébenthine, elle doit se fixer sur les caractères. Laissez séjourner l'essence pendant un quart-d'heure; tenez cependant la feuille constamment humide.

« Préparez une encre composée de : 1/2 partie de cire-vierge, 1/2 p. de suif, 1 p. de vernis faible, 1/4 p. de térébenthine de Venise, 1/4 p. d'essence de térébenthine, 1/2 p. de vermillon.

« Garnissez un petit cylindre de drap fin (ou un tampon) de cette encre, et cherchez à encrer doucement les caractères.

« C'est de cette opération que tout dépend. Si on s'y prend mal, le corps gras ou le noir quittera le papier pour se marier à l'encre rouge. Si on laisse sécher le papier, le rouge les salira. Si l'on tamponne, ou promène le rouleau avec peu d'attention, on déchirera le papier.

« Il faut, pour cette opération, une grande patience, de la pratique; mais avant tout, du jugement pour comprendre les modifications à apporter dans l'encre et ce mode d'encrage.

« On fera bien d'avoir un second petit rouleau garni de drap pour nettoyer et enlever la surabondance d'encre.

« Lorsqu'on verra que l'encre rouge sera fixée sur les caractères, on mettra la feuille entre des maculatures, et on ne la transportera que très faiblement humide.

Les transports d'impressions fraîches sur cuir, tôle vernie, toile cirée, etc., se font de même que les autographies; mais ceux sur porcelaine nécessitent que le dessin soit imprimé avec une encre qui contienne, au lieu de noir de fumée, un oxyde métallique susceptible de se vitrifier.

Les procédés, du reste, sont parfaitement décrits par Brongniart, directeur de la manufacture de porcelaine, à Sèvres. (Voir son Traité des arts céramiques, tom. II, page 648). Nous en extrayons quelques détails qui peuvent donner lieu à des applications ingénieuses, entre les mains de lithographes habiles.

Impression sur papier et transport sur porcelaine faïence. « Le tirage sur papier n'a rien de particulier, mais le choix et la qualité du papier sur lequel on tire les épreuves, sont très importants; ce doit être du papier dit Joseph, c'est-à-dire du papier fin, absolument sans colle et humecté convenablement. On lui faisait subir autrefois diverses préparations avec du sel marin, du savon, etc.; mais on a reconnu l'inutilité de ces procédés. Aussitôt que le dessin a été transporté de la planche sur le papier, on place sur ce papier, ou plutôt sur l'eau.

« On prépare alors la pièce à imprimer avec une espèce de mordant qu'on nomme *mixtion*, composé d'essence de térébenthine, à laquelle on a ajouté environ un douzième de vernis de copale, on fait complétement sécher cet enduit à l'étuve. La pratique a fait connaître que cet enduit n'est pas indispensable sur la faïence, ni même sur la porcelaine, mais il rend plus certain *le succès du décalcage*. On peut remplacer cette mixtion qui exige un séchage à l'étuve, par une mixtion saline, comme l'a fait à Sèvres le chef imprimeur *Tristan*: elle est composée simplement d'une eau d'alun très faible, qui sèche assez promptement sans qu'on ait besoin d'étuve.

« On prend alors le papier qui porte l'épreuve de la planche, et dont on a enlevé l'eau en excès, en le faisant égoutter sur du papier buvard et sur de la flanelle, on mieux encore sur une plaque de dégourdi de porcelaine, et on l'applique sur la pièce de poterie, de manière que le dessin ou la gravure soit uni dans la place qui lui convient; on décalque cette gravure en appuyant sur le papier au moyen d'un tampon de feutre ou à l'aide d'un petit rouleau.

« *Impression à la gélatine avec augmentation et réduction.* Un graveur en taille-douce, le sieur Gonord, a su donner, en 1818, une remarquable application à ce procédé d'impression, en tirant de la même planche, et au moyen de la gélatine, des épreuves plus petites et plus grandes que la gravure originale et parfaitement régulières. Il a tenu son procédé secret tant qu'a duré son brevet d'invention, et personne que je sache n'a pu le deviner. A son échéance, en 1833, il a été publié dans le tome 24 des brevets d'invention; mais cette description est tellement obscure, le procédé est tellement compliqué qu'on n'y voit qu'une chose, c'est la propriété qu'a une plaque de gélatine de gonfler régulièrement dans l'eau froide et de se rétrécir régulièrement dans l'esprit de vin.

« D'après cette propriété, nous avons mis, à Sèvres, à exécution le procédé Gonord, mais d'une manière beaucoup plus simple, et par conséquent plus expéditive.

(1) Il conviendrait de la faire chauffer à un feu doux, pour augmenter l'adhérence de l'encre.

Digitized by Google

« On fait une dissolution de gélatine de rognures de parchemin, c'est la meilleure, elle est limpide. Lorsqu'elle a pris la consistance d'un sirop, on l'étend en couches minces sur une plaque de cuivre; en se refroidissant elle se réduit en une feuille qui n'est pas plus épaisse qu'une feuille de papier fort, et qui donne ce qu'on nomme le papier glacé.

« On charge comme à l'ordinaire, avec des couleurs vitrifiables, la planche gravée dont on veut avoir des épreuves, on tire une épreuve sur papier non collé, comme il est dit; on pose cette épreuve très humide sur la feuille de gélatine, et l'on décalque la gravure avec une roulette. Si on veut avoir une épreuve de la grandeur de la gravure, on pose immédiatement la feuille de gélatine sur la pièce de poterie vernissée, dont la surface a reçu la mixtion, et on opère le décalcage par simple pression à la main ou à la roulette. Mais si on veut avoir des épreuves plus grandes ou plus petites que l'original, on procède comme il suit :

« *Pour l'augmentation de l'épreuve.* On met la feuille de gélatine sur l'eau, ayant soin de tenir la partie imprimée en dessus. Il se forme un bord de relèvement qui empêche l'eau de recouvrir cette surface et qui permet à la feuille de gélatine de surnager. On la voit s'étendre en tous sens avec une grande régularité, et au bout d'une heure elle a pris toute son extension qui peut être de plus d'un tiers. Il faut l'enlever, on passe dessous une feuille de papier à décalquer, on enlève ainsi la feuille sans mouiller la face imprimée. On pose cette face de la feuille de gélatine sur la pièce de poterie mentionnée, et on décalque au moyen de la roulette, ou même avec la main comme on l'a fait pour les autres décalcages. Pour enlever la gélatine, on met la pièce dans l'eau très chaude; la gélatine s'y dissout entièrement et l'épreuve de la gravure reste nette sur la pièce de porcelaine ou toute autre poterie à glaçure.

« *Pour la réduction de l'épreuve.* On procède exactement comme dans l'opération précédente, mais on place avec les mêmes précautions la feuille de gélatine imprimée sur un bain d'esprit-de-vin; on voit cette feuille se rétrécir avec régularité, et en moins d'une demi-heure, elle a pu être réduite d'environ un quart.

« Il faut éviter que la partie de la feuille de gélatine qui porte la gravure et qui doit être placée sur la pièce mixtionnée, soit mouillée d'esprit-de-vin, car ce liquide dissoudrait la mixtion et s'opposerait au décalcage. On décalque de même et on enlève de même la gélatine au moyen de l'eau chaude.»

INSTRUMENTS NÉCESSAIRES A L'IMPRESSION.

Presses. Sénéfelder écrivait en 1809 : « On aurait besoin d'un volume presque aussi considérable que celui-ci, si l'on voulait décrire clairement toutes les presses lithographiques dont on s'est servi jusqu'à ce jour. »

Aujourd'hui, il faudrait des volumes pour ne donner même que la description de celles qui ont été exécutées en France; nous renvoyons donc pour les connaître aux descriptions des brevets, et nous engageons nos lecteurs à les consulter, car il y en a plusieurs, telles que celles de MM. de la Morinière, Engelman, Clouet, Trascheile, Bénard, Tardy de Montavel, etc., qui renferment des dispositions mécaniques particulières et fort ingénieuses. Nous nous bornerons, pour le moment, à donner une idée exacte des presses qui sont généralement adoptées dans les divers ateliers de Paris.

Presse à moulinet et à rateau tournant. La première presse, dite à rouleau et à rateau à bascule, a été inventée par le professeur Mitterer vers l'année 1805. Elle est décrite dans l'ouvrage de Sénéfelder.

Cette presse est le type de celles dont on se sert le plus généralement aujourd'hui dans les imprimeries lithographiques; toutefois elle a reçu quelques additions ou perfectionnements importants sous le rapport de l'aisance et de la facilité des mouvements.

Au reste, comme la presse à moulinet de M. Mitterer, telle qu'elle a été perfectionnée jusqu'à ce jour par diverses personnes, ne diffère de la presse à rateau tournant de M. Roussin que par le mouvement donné au porte-rateau, qui se baisse et s'élève à la main (figure 1476), nous ne parlerons que de cette dernière, qui est beaucoup plus facile et moins fatigante à manier (fig. 1475).

A, A, montants ou bâtis en bois ou en fonte, parallèles sur le dessus desquels glisse le chariot.

B, chariot destiné à recevoir la pierre, que l'on pose à plat sur deux ou trois cartons pour éviter les accidents de rupture, et augmenter surtout l'élasticité de la pression.

C, châssis en fer. Son extrémité inférieure est fixée au chariot par deux plates-bandes à fourchette, maintenues solidement au moyen de boulons avec écrous à oreilles. Ce châssis est garni d'un cuir *maigre*, que l'on tend au moyen d'écrous que l'on fait tourner sur les vis qui terminent les tringles latérales et perpendiculaires de l'encadrement. A l'autre extrémité supérieure sont disposées deux vis qui servent à hausser et à baisser le châssis, et à le maintenir au niveau sur la pierre lorsqu'il est placé dessus.

D, porte-rateau à charnière en E, qui reçoit le sommier dans lequel on fixe, au moyen d'une vis, un rateau en bois taillé en biseau. Le sommier tourne autour d'un point fixe servant de point d'appui, et le rateau peut ainsi prendre l'inclinaison de la pierre. De plus, l'extrémité inférieure de la tige verticale E, autour de laquelle tourne le porte-rateau, est liée avec un ressort à boudin, qui a pour effet de donner de l'élasticité au porte-rateau et de le relever après l'impression.

G, vis à oreilles servant à élever ou à abaisser à volonté le porte-rateau suivant l'épaisseur des pierres.

H, bride à laquelle on accroche le porte-rateau lorsque le châssis est abaissé sur la pierre. Elle plie au moyen d'une charnière, et on peut l'élever ou la baisser, pour donner une pression plus ou moins forte, en tournant l'écrou à oreilles I.

Une traverse en fer sur laquelle glisse un curseur sert à régler la longueur de la course du chariot. A cet effet, on fixe le curseur, au moyen d'une vis, à la place qui doit borner la course du chariot.

M, cordes attachées à l'une des côtes à gauche du chariot, et à laquelle est suspendu un poids très pesant L. Ce contre-poids est destiné à ramener le chariot au point de départ, après l'impression opérée.

K, sangle liée au chariot et à l'arbre en fer N.

N, arbre ou axe en fer garni d'une bobine en cuivre sur laquelle s'enroule la sangle K, lorsque l'on fait tourner le moulinet O, pour faire marcher le chariot de gauche à droite, et opérer ainsi l'impression dite.

P, ficelle, munie d'un contre-poids R, elle s'enroule sur l'arbre N, lorsqu'on donne le mouvement au chariot; et elle se déroule ensuite, lorsqu'on a opéré l'impression. Le contre-poids R a pour objet d'aider seulement le rappel du chariot, au point de départ, en facilitant le déroulement de la sangle K.

S, barre ou levier pour donner la pression nécessaire; à cet effet, on élève ou abaisse la bride H, au moyen de la vis à oreilles, et on fait monter ou descendre ainsi le collier T, qui sert de point d'appui au levier; puis on allonge ou on raccourcit la longueur de la crémaillère en fer U, et on la maintient dans la position convenable, à l'aide de broches en fer.

X, pédale liée au levier S, et servant à donner la pression, lorsqu'on appuie le pied dessus.

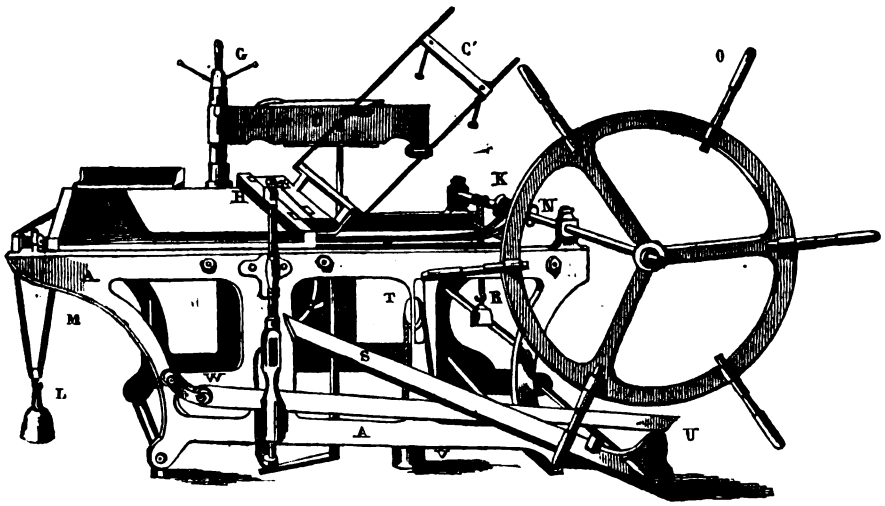
Y, système de bascule avec un contre-poids Z, servant à faire remonter la barre de pression S.

Presse à engrenage, de M. *Clouet*. Cette presse renferme les changements suivants : le moulinet est rem-

Digitized by Google

placé par deux roues d'engrenage, qui, mises en mouvement à l'aide d'une manivelle, font tourner l'arbre de la presse. L'axe de la manivelle est à pompe, de telle sorte qu'on engrène, en la poussant sur la presse, et qu'on désengrène en la tirant à soi; lorsque la pression est faite, un contre-poids ramène le chariot à son point de départ.

Cette presse n'a point de pédale, et la pression est

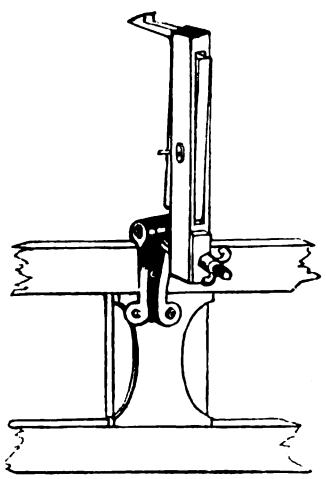


1475.

donnée au moyen d'une roue excentrique liée à un levier très court. On la règle d'ailleurs, au moyen d'une vis à oreilles, qui élève ou abaisse la bride, laquelle accroche le porte-rateau, comme on le voit dans le dessin de la presse (fig. 1475).

Presse à cylindre, de MM. *François et Benoist* (fig. 1477) (*Extrait du Manuel de MM. Chevalier et Langlumé*).

« 1, bâti en bois, au besoin en fonte de fer; 2, cylindre en bois, porté par deux coussinets sur les grandes traverses supérieures du bâti; 3, roue de quatre-vingts dents, en fonte de fer ou en cuivre, fixée sur l'extrémité du cylindre sus-désigné; 4, chariot en bois garni de fer, au besoin tout en fonte de fer; 5, quatre roues à gauche du chariot, s'appuyant, dans la marche de la machine, sur des patins que portent les grandes traverses supérieures du bâti; 6, deux supports de fonte fixés aux extrémités du chariot, embrassant par les extrémités les axes des roues du chariot; 7, deux axes auxquels sont fixées, deux à deux, les roues du chariot; ces axes tournent sur des collets posés sur les extrémités des supports n° 6; 8, cylindre de pression en carton ou en fonte de fer; 9, deux grands supports en fonte de fer, fixés solidement au bâti, et à l'un desquels sont adaptés les supports du petit axe à manivelles; une coulisse verticale tient emprisonnés, dans ces grands supports, les bouts de l'axe du cylindre de pression; en sorte que, outre le mouvement de rotation, ce cylindre ne peut avoir qu'un mouvement dans le sens vertical. Ce dernier mouvement est relatif aux épaisseurs de la pierre; 10, support supérieur du petit axe à manivelles; 11, manivelle; 12, petit cylindre en bois dont l'axe tourne dans des dés en cuivre, et glisse, suivant le besoin, dans les coulisses verticales qui surmontent les supports n° 9; 13, peau de veau suffisamment épaisse, cousue ou lacée, et enveloppant le petit cylindre n° 12, et le cylindre de pression de manière à former un manchon (1); 14, deux vis qui servent à élever ou abaisser le petit cylindre qui soutient le manchon, et à donner à la peau une tension modérée; 15, roue de trente-trois dents, en fonte de fer ou en cuivre, portée sur le petit axe à manivelle, engrenant avec la roue de quatre-vingts dents, du cylindre inférieur n° 2, et dont l'usage est de transmettre à ce cylindre le mouvement qu'on imprime à l'aide de la manivelle; 16, étriers servant à tenir suspendu le cylindre de pression n° 8, et à lui donner, au moyen de leurs tiges filetées, la hauteur que nécessitent les diverses épaisseurs de pierre; ces tiges passent dans les talons



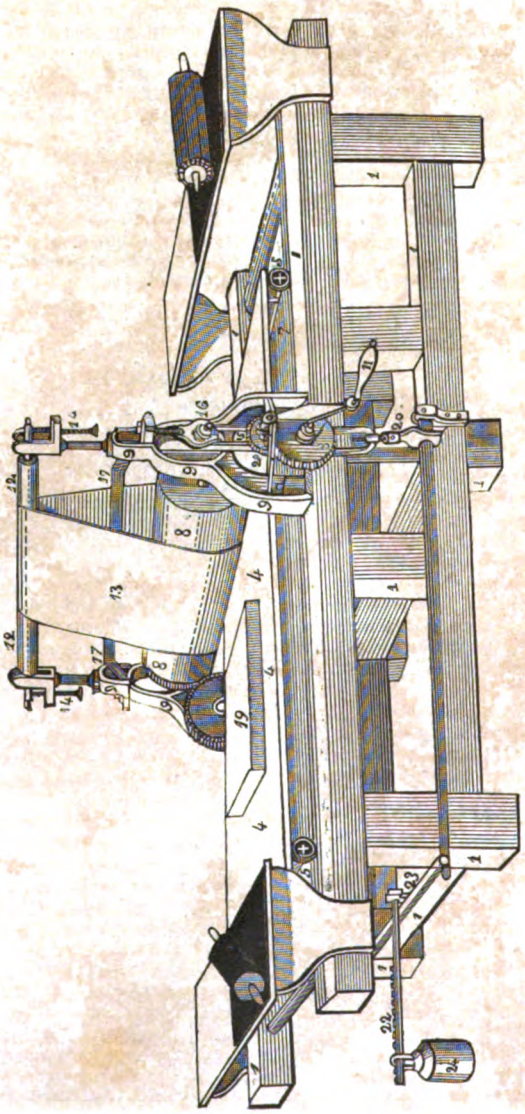
1476.

de la traverse d'écartement n° 17, et s'appuient dessus au moyen de forts écrous; 17, traverse servant à la fois à maintenir lentement des supports n° 9, et à re-

(1) Ce manchon peut être remplacé par un drap ou *flautre*, tissu sans couture.

Digitized by Google

cevoir les étriers de pression n° 16; 18, quatre engrenages de champ servant à communiquer le mouvement du cylindre inférieur n° 2, au cylindre supérieur n° 8. Deux de ces engrenages étant fixés sur les axes des cylindres, sont en rapport avec le développement de ces mêmes cylindres. Le tout est disposé de manière que les engrenages intermédiaires peuvent engréner dans toutes les positions verticales que le cylindre de



1477.

pression n° 8 est susceptible de recevoir. Leur but est de communiquer le mouvement au cylindre de pression, quand, pendant la marche de la machine, le cylindre ne se trouve pas encore ou ne se trouve plus porté sur la pierre; 19, pierre lithographique; 20, deux brides de pression qui sont suspendues aux deux extrémités du cylindre de pression, et qui reçoivent les leviers à l'autre bout; ces extrémités inférieures sont à vis, et telles qu'on peut allonger les brides, ou les raccourcir en raison de l'épaisseur des pierres, pour maintenir les leviers dans une position à peu près horizontale; 21, deux grands leviers de pression passés dans les extrémités inférieures des brides n° 20; 22, troisième levier de pression; 23, barre de fer rond dont les extrémités à gorge s'appuient sur les extrémités des leviers n° 21; et qui, dans le milieu de sa largeur, reçoit l'action d'un troisième levier n° 22; 24, poids en fonte de fer de 10 kilogr. La position de ce poids est variable à volonté sur le troisième levier n° 22, et procure ainsi au cylindre de pression une action plus ou moins forte. »

Presse à pression fixe et à rateau mobile, par M. Quinet. Le principe de la pression fixe a été appliqué, pour la première fois, par M. Schelicht, de Manheim, vers l'année 1810; depuis, plusieurs imprimeurs de Londres l'ont utilisée d'une manière différente dans la construction de diverses presses, qui marchent encore aujourd'hui dans leurs ateliers.

Au mois de mars 1835, M. Quinet, imprimeur lithographe à Paris, a pris un brevet d'invention de cinq ans, pour une presse qui réunit aujourd'hui, par suite des additions et changements apportés par l'auteur lui-même, l'emploi déjà connu de la pression fixe, et l'application toute nouvelle d'un rateau mobile dont l'effet agit et cesse de lui-même, sans l'emploi d'aucune autre force que celle nécessaire pour entraîner le chariot, et opérer l'impression.

Avec la presse de M. Quinet, pour tirer une épreuve, l'imprimeur n'a plus que trois mouvements à faire : 1° d'abaisser le châssis; 2° de tourner le moulinet; et 3° de relever le châssis après l'impression opérée; tandis qu'avec les presses à moulinet, par exemple, il y a dix mouvements à faire, qui sont : 1° d'abaisser le châssis; 2° d'abaisser le porte-rateau; 3° d'agrafer le porte-rateau; 4° de prendre la pédale avec la main pour la porter sous le pied qui doit opérer la pression; 5° de poser le pied sur la pédale; 6° de tourner le moulinet; 7° d'ôter le pied de dessus la pédale, pour faire cesser la pression; 8° de dégrafer le porte-rateau; 9° de relever le porte-rateau et de le mettre dans la position perpendiculaire; 10° de relever le châssis.

Il y a donc sept mouvements de moins dans cette nouvelle presse, et par conséquent, une grande économie de temps et de fatigue pour l'ouvrier. On en peut prendre une idée exacte par l'inspection du dessin (fig. 1478), qui représente la coupe en long de cette presse.

Il est facile de voir par l'inspection du dessin que par l'ingénieuse disposition du rateau articulé seulement en avant, son action a lieu sans qu'il y ait à mouvoir aucune pédale. La pression convenable est donnée en tournant la vis à oreilles figurée au-dessus du montant vertical.

Observations. « Il est facile, ajoute Engelman, de se convaincre que, par la disposition de cette presse, il se trouve plusieurs mouvements d'économisés, et que son action est plus prompte que celle des presses à moulinet ordinaire. » Je la regarde comme préférable à celle-ci pour le tirage des écritures et autres planches à l'encre, qui n'exigent pas une forte pression, et pour lesquelles la promptitude de ses mouvements présente une économie sensible.

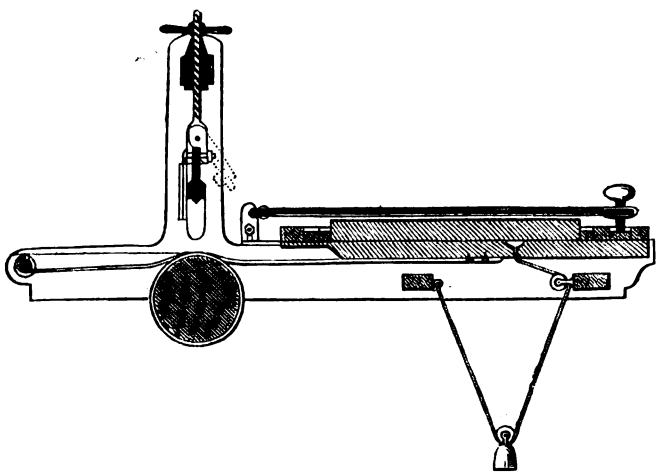
L'observation d'Engelman est très juste, et nous avons été en position de la vérifier dans l'établissement de la maison Aubert et compagnie, qui imprime les dessins du *Charivari* sur une presse de M. Quinet; et qui ne pourrait les produire aussi promptement et

Digitized by Google

à un prix aussi modique, à l'aide d'une presse à moulinet.

Presses lithographiques mécaniques. La première presse lithographique mécanique a été inventée en 1814, par Marcel de Serres, qui en a publié les dessins (voir son livre intitulé : *Essais sur les Arts et Manufactures de l'empire d'Autriche;* et le tome LII des *Annales des Arts et Manufactures*, pages 119 et 267).

Dans son ouvrage, publié en français, en 1819, page 120, Sénéfelder nous apprend aussi qu'il avait soumis à l'Académie royale des Sciences de Munich le plan d'une presse, dans laquelle il existait un mécanisme faisant les fonctions de noircir; et il ajoute : « Mais elle



1478.

n'a pas encore été exécutée en grand, et c'est pour cela qu'on ne peut en apprécier le mérite avec exactitude. »

En 1833, M. Villeroy, ingénieur à Paris, a pris un brevet d'invention pour une presse mécanique qu'il a nommée typo-lithographique, dont l'objet, dit l'auteur, est d'opérer le tirage accéléré, l'encrage mécanique, et l'impression à plusieurs couleurs par le même tirage, sur le papier, le cuir, la toile, etc. (voir tome XXXIV, page 145, *des Brevets expirés*).

Cette presse, qui n'est qu'une copie fort imparfaite de celle de Marcel de Serres, n'a pas même le mérite de réunir des organes mécaniques, susceptibles d'opérer l'impression ordinaire, outre le grand désavantage qu'elle partage avec la première de nécessiter l'emploi des cylindres en pierre sur lesquels le dessin doit être transporté.

En 1840, M. Perrot, l'ingénieur distingué qui a créé la belle machine à imprimer les étoffes à plusieurs couleurs (voyez IMPRESSION SUR ÉTOFFES), a pris un brevet d'invention pour une presse mécanique propre à imprimer en lithographie. Cette presse est disposée de telle manière que la pierre lithographique étant posée à plat sur un chariot qui doit la faire marcher, le mouillage, l'encrage, la pose du papier sur la pierre, l'impression et l'enlèvement des épreuves sont effectués mécaniquement et d'une manière continue.

Nous avons vu la machine qui marche, dans les ateliers de construction de M. Perrot, et qui produit journellement des impressions de musique pour M. Thierry, imprimeur-lithographe lui-même.

Nous pouvons donc affirmer que cet instrument mécanique réunit les trois éléments vainement cherchés jusqu'à ce jour : la célérité, l'économie et la régularité du travail.

Nous devons avouer cependant, pour affaiblir l'étonnement qui doit résulter de voir réaliser un problème aussi difficile, que l'inventeur n'applique encore sa machine qu'à l'impression des transports typographiques de la musique, de l'autographie, des écritures et dessins à la plume; mais les impressions qu'il produit sont au moins égales à celles faites à la main par des ouvriers ordinaires.

L'invention de cette presse, que nous espérons pouvoir décrire dans un prochain article, est d'une grande importance. C'est de son emploi et des perfectionnements réalisés chaque jour dans les procédés de transport que peut résulter, dans certains cas, l'empiètement des procédés de la lithographie sur ceux de la typographie, dont le tirage peu coûteux et prompt a seul convenu jusqu'ici pour les impressions à grands nombres.

Impression des estampes, gravures et lithographies en couleurs, avec plusieurs planches.

L'impression des estampes en couleurs avec plusieurs planches n'est pas une chose nouvelle. Plusieurs auteurs disent même qu'on imprimait déjà, en 1457, des dessins ou figures en deux couleurs, dites en camaïeu, avec deux planches de bois gravées en relief; mais nous ne possédons aucune épreuve ayant une date bien certaine. Nous savons seulement que Hugo de Carpi, qui vivait vers la fin du quinzième siècle, perfectionna la manière d'imprimer les camaïeux; et Sandrat nous apprend qu'il a vu de pareilles images qui datent de l'année 1503.

Le procédé de Hugo exigeait alors, dit Papillon, trois sortes de planches en bois gravées en relief, lesquelles se tiraient l'une après l'autre sous la presse pour imprimer une même estampe; l'une de ces planches servait pour les jours et les grandes lumières, que l'on formait avec du blanc de plomb; l'autre était destinée à former les demi-teintes; et la troisième servait pour imprimer les contours et les ombres.

En 1540 environ, François Mazzuoli, dit le Parmesan, a perfectionné encore cette méthode en gravant les traits du dessin à l'eau-forte sur une planche de cuivre, et les imprimant ensuite sur les couleurs par les procédés ordinaires de l'impression en taille-douce (voyez page 2126).

François Périer, peintre et graveur, qui vivait en 1641, fut le premier qui exécuta, en France, à l'aide de plusieurs planches gravées en taille-douce, des camaïeux qui furent tirés sur du papier gris un peu brun, et dont les contours et les hachures étaient imprimés avec de l'encre noire, et les rehauts avec du blanc de plomb.

Cette méthode (*De la Manière de graver à l'eau-forte et au burin*, Paris, 1645, page 69) parut, au rapport de M. Bosse, graveur du roi, non seulement nouvelle, mais encore si belle, qu'il en rechercha l'invention, et voici la manière qu'il enseigne :

« Il faut avoir deux planches de pareille grandeur, exactement ajustées l'une sur l'autre; l'on peut, sur l'une d'elles, graver entièrement ce que l'on désire, puis la faire imprimer de noir sur un papier gris et fort, ainsi qu'on vient de le dire au sujet des enluminures. Et ayant verni l'autre planche, comme ci-devant, et l'ayant mise le côté verni dans l'endroit de l'empreinte que la planche gravée a fait en imprimant sur cette

Digitized by Google

feuille, la passer de même entre les rouleaux, ladite estampe aura fait sa contre-épreuve sur la planche vernie. Après quoi, il faut graver sur cette planche les rehauts et les faire fort profondément creuser à l'eau-forte. On peut faire la même chose avec le burin et même plus facilement.

« Or, la plus grande difficulté que je trouve encore est de trouver du papier et une huile qui ne fasse point jaunir ni roussir le blanc; le meilleur est de se servir d'huile de noix très blanche, et tirée sans feu, puis de la laisser dans deux vaisseaux de plomb et de la mettre au soleil tant qu'elle soit épaissie à proportion de l'huile faible dont nous allons parler, et, pour l'huile forte, on laissera un de ces vaisseaux bien plus de temps au soleil.

« Ensuite, il faut avoir de beau blanc de plomb bien net, et l'ayant lavé et broyé extrêmement fin, le faire sécher et en broyer avec de l'huile faible bien à sec, et après l'allier avec de l'autre huile plus forte et plus épaisse, comme on fait pour le noir. Puis, ayant imprimé de noir ou autre couleur sur du gros papier gris la première planche qui est gravée entièrement, vous en laisserez sécher l'impression pendant dix ou douze jours; alors, ayant rendu ces estampes humides, il faut encrer de ce blanc la planche où sont gravés les rehauts, de même façon qu'on imprime, et l'essuyer à l'ordinaire, puis la poser sur la feuille de papier gris déjà imprimée, en sorte qu'elle soit justement placée dans le creux que la première planche y a fait, et prenant garde de ne point la mettre à l'envers ou le haut en bas. Etant ainsi bien ajustée, il ne s'agit plus que de la faire passer entre les rouleaux, comme on a dit pour l'impression sur l'enluminure.

« Quant à imiter le travail des enlumineurs, au lieu d'appliquer les couleurs sur l'impression, je m'avisai de faire en sorte que cette impression fût sur les couleurs.

« Supposons que vous ayez une planche toute gravée d'une figure que vous voulez vêtir de deux ou trois couleurs; par exemple, le chapeau gris, les cheveux un peu bruns, le manteau rouge, l'habit d'une couleur, les bas d'une autre, etc.

« Premièrement, vous aurez une planche de cuivre toute polie, ajustée et limée de la même grandeur de l'autre, de sorte qu'étant appliquée dessus, elle s'y rapporte exactement de tous côtés, et ayant verni la planche d'un vernis blanc (voyez VERNIS), et prenant une épreuve toute fraîche tirée de la planche gravée, mettez cette planche vernie blanc sur ladite impression, précisément dans la même place où la planche gravée a fait son empreinte, ayant étendu auparavant sur la table deux linges par-dessous l'estampe, et deux ou trois autres par-dessus la planche, vous ferez passer le tout entre les rouleaux, après quoi vous verrez que la figure ou estampe imprimée sur le papier aura fait une empreinte sur la planche vernie en forme de contre-épreuve.

« Ensuite vous graverez sur la planche vernie avec une pointe bien fine les simples contours du chapeau, des cheveux, du manteau, etc., et les ferez creuser fort peu à l'eau-forte; puis vous en ôterez le vernis et en ferez tirer des estampes sur du papier fort et aluné, ou sur du carton très mince et battu que vous aurez humecté en le mettant à la cave pendant quelques nuits, ou bien en le laissant quelque temps en presse entre des papiers mouillés. Ces contours étant imprimés et le papier ou carton étant bien sec, il faut coucher à plat de rouge toute la place renfermée dans le contour du manteau, mettre une couche de bistre dans la place du chapeau, et ainsi du reste.

« Cela étant fait, vous mettrez encore cette feuille ainsi colorée à la cave pour la rendre humide, comme on vient de le dire, puis ayant bien étendu quelques linges sur la table de la presse, vous l'y poserez le côté de la couleur en dessus, et après avoir encré la première planche qui est entièrement gravée, vous la mettez sur cette feuille, le côté gravé en dessous, précisément dans l'enfoncement que la planche des contours y a déjà fait, puis deux ou trois linges par-dessus, et vous la ferez passer entre les rouleaux. Alors, en relevant la feuille, vous trouverez l'estampe imprimée par-dessus ces couleurs, ce qui les rend plus transparentes et infiniment plus belles que les enluminures ordinaires.

« Vers le commencement du dix-neuvième siècle, Jacques Leblon, peintre, natif de Francfort-sur-le-Mein, a inventé le véritable moyen de faire des copies de tableaux et des estampes en couleurs, à l'aide du mélange des trois couleurs primitives et par le moyen de trois planches de cuivre gravées à la manière noire.

« Suivant Leblon, l'art d'imprimer en couleur se réduit :

« 1° A représenter un objet quelconque avec trois couleurs et par le moyen de trois planches qui doivent se rapporter sur le même papier;

« 2° A faire dessiner sur chacune des trois planches, de façon que les trois dessins s'accordent exactement;

« 3° A graver les trois planches à la manière noire et de façon qu'elles ne puissent manquer de se rapporter;

« 4° A trouver les trois vraies couleurs primitives, et à les préparer de manière qu'elles puissent s'imprimer, être belles et durer longtemps;

« 5° Enfin à tirer les trois planches avec assez d'adresse pour que l'on ne s'aperçoive pas, après l'impression, de la façon dont elles sont tirées.

« Une quatrième planche donne le moyen d'opérer plus promptement, et une cinquième rend la transparence à certaines parties du tableau, comme les vitraux d'architecture, voiles dans les draperies, nuées dans le ciel. »

Le rédacteur de l'article *Gravure en couleurs*, dans le *Dictionnaire encyclopédique* de 1777, indique cette méthode; mais il trouve que le mélange des trois couleurs est dur et mal entendu.

Cette critique n'est pas très exacte, et tout porte à croire que l'auteur n'avait pas vu les belles productions de Leblon.

Au résumé, il est certain qu'en appliquant ainsi à l'impression, comme Leblon l'a pratiqué avec succès, le mélange des trois couleurs primitives (*rouge, jaune et bleu*) avec du blanc, pour éclaircir les teintes, et la terre de Sienne pour les brunir, on peut réunir tout ce que l'on peut désirer de mieux dans une estampe coloriée (Voyez COULEUR et DESSIN). Pourtant, l'emploi de ce mélange est peu ou point en usage dans l'impression lithographique, et l'on préfère généralement aujourd'hui imprimer en couleurs par teintes plates, méthode qui a été indiquée en 1814, par Marcel de Serres (voir tome LII des *Annales des arts et Manufactures*, pages 66 et 117).

La manière de procéder, c'est-à-dire de décalquer le sujet sur la pierre, est la même que celle déjà décrite par Bosse et Leblon; seulement, il faut employer autant de pierres que de couleurs différentes et nécessaires pour exprimer le modelé des formes. Le dessinateur remplit d'encre lithographique chaque portion du sujet qui doit fournir une couleur distincte, en ayant soin de suivre les contours, de manière que tous les tons soient imprimés exactement les uns à côté des autres, sans se confondre ni se mêler, et sans laisser entre eux aucun intervalle ou blanc qui nuirait à l'effet général du dessin.

On acidule les pierres comme à l'ordinaire, et l'on encre chaque teinte avec un rouleau en cuir, dont le côté de la chair est placé en dedans, avec une encre préparée d'avance suivant le ton que l'on veut avoir.

Pour obtenir la juxta-position ou la superposition

Digitized by Google

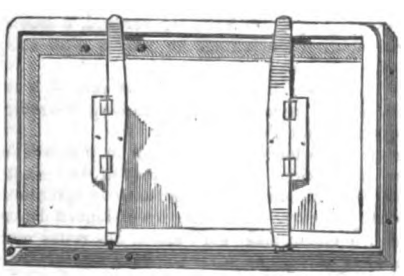
exacte des teintes, on se sert d'une machine dite à repérer, et l'on imprime sur du papier sec et laminé. Tel est le procédé pour lequel feu Engelmann, avait pris un brevet d'invention de dix ans, le 31 août 1837, et qui a valu à cet habile exploitant un prix de 2,000 fr., décerné par la Société d'encouragement en 1838; disons cependant, pour rassurer les praticiens qui exploitent aujourd'hui l'impression lithographique en couleurs, que la machine à repérer de M. Engelmann, et le mode d'imprimer sur du papier sec et laminé étaient connus depuis longtemps. Ainsi, on lit dans le *Traité pratique de la gravure sur bois*, par Papillon (1766, tome II, page 149), que l'on peut faire les gravures en camaïeux, comme des impressions en lettres, par le moyen de pointes à la frisquette ou autres repères, par les machines qu'avait imaginées Georges Lalleman (1), et par le moyen d'un châssis que Nicolas Lesueur avait inventé (voir la description de ce châssis dans le même ouvrage, page 366).

Dans son *Traité de Lithographie*, page 175, Sénéfelder a donné la description, un peu confuse peut-être, d'un châssis à repérer que M. Brisset père a perfectionné ou modifié depuis d'une manière assez heureuse.

La fig. 1479 est le plan de cette machine à repérer, ainsi modifiée, qui est actuellement en usage dans tous les établissements qui s'occupent d'impression lithographique en couleurs; elle est représentée dans la position qu'elle occupe sur la presse.

Cet appareil consiste en un cadre rectangulaire en fer, qui est adapté à charnières sur le côté du chariot, en face de l'imprimeur.

Sur les deux grands côtés parallèles, glissent à frottement deux règles en cuivre très minces que l'on fixe à la



1479.

distance convenable, au moyen de vis, suivant le format du papier à imprimer. Ces règles sont armées d'aiguilles d'acier, servant de points de repères, sur lesquelles on pique et accroche carrément la feuille de papier, comme sur une frisquette d'imprimerie typographique : on recouvre les côtés parallèles de la feuille de papier par des bandes de cuivre à charnières qui la maintiennent dans une position fixe, et garantissent aussi les pointes d'aiguilles de tout accident. L'on imprime ensuite comme à l'ordinaire.

On met en rapport les points de repères tracés d'avance sur les différentes pierres, avec ceux qui sont gravés sur les bandes transversales en cuivre, en avançant ou en reculant la pierre, au moyen de vis liées avec des règles en fer, que l'on comprime ensuite fortement pour éviter tout dérangement.

Quant aux procédés pour faire des impressions lithographiques, en bronze, en or ou en argent, ils sont absolument les mêmes que ceux employés pour imprimer le dessin à la plume; seulement, on encre les traits avec du vernis faible dans lequel on mêle une certaine quantité de vernis gras au copal. On laisse ensuite sécher l'impression pendant un certain temps; et, lorsque le vernis happe ou poisse encore le doigt, on applique la feuille d'or ou d'argent, ou le bronze en poudre avec un tampon en coton, et on enlève l'excédant de l'or, de l'argent ou de bronze non fixé, à l'aide d'un blaireau.

On fait sécher les épreuves pendant 24 heures, au moins, et on les soumet alors à l'action de la presse à satiner.

AUTOGRAPHIE. Nous terminerons cet article par la description des procédés servant à obtenir des autographies. (Voyez ÉCRITURE et ENCRE autographiques).

Papier autographique et de transport par M. Cruzel, auquel la Société d'encouragement a décerné en 1830, à la suite d'un concours, un prix de 400 francs.

Composition. 1° 3 couches légères de gélatine de pieds de mouton; 2° 1 couche d'empois blanc; 3° 1 couche de gomme-gutte.

Préparation. « On met la première couche avec une éponge trempée dans la dissolution de gélatine chaude, bien également sur toute la feuille et en petite quantité pour que la feuille étant étendue sur une corde, la gélatine ne coule pas, ce qui produirait des épaisseurs et des cavités. Lorsque la première couche est sèche, on met la deuxième, et la troisième quand la deuxième est sèche; la dernière couche de gélatine étant sèche, on met avec une éponge la couche d'empois qui doit être assez légère pour pouvoir s'étendre également sur le papier. Cette couche d'empois étant sèche on applique sur le papier une couche de gomme-gutte pilée récemment et dissoute dans l'eau. Lorsque le papier est sec, on le lisse à la presse lithographique; plus il est lissé, plus il est facile d'y tracer à l'encre lithographique des déliés fins.

« La gélatine seule ne convient pas, parce qu'elle s'étend lorsqu'on humecte le papier, mais employée de cette manière, elle facilite le départ de la couche d'empois.

« L'empois a l'avantage de ne pas s'étendre lorsqu'il est humecté; mais on ne pourrait l'employer seul, parce qu'il s'attache trop au papier, qu'il absorbe l'encre, et que les transports seraient imparfaits si, pour obvier à cet inconvénient, on n'employait la couche de gomme-gutte.

« La couche de gomme-gutte seule réussirait quelquefois, mais elle ne tiendrait pas lieu du procédé que nous indiquons.

Transport sur pierre. « Le transport de ce papier, comme on peut s'en convaincre par sa composition, est infaillible, puisque le papier étant humecté, la gomme se sépare du tracé lithographique, l'empois se sépare de la gélatine, et si, après avoir enlevé le papier, on le place sur une pierre blanche, et que l'on jette de l'eau chaude dessus, il reviendra dans son état primitif.

« Comme le transport est parfait, il est facile de reconnaître les causes des défauts de l'épreuve, qui proviennent de ce que l'encre est mauvaise, de ce qu'elle a été employée trop liquide ou de ce que le papier n'a pas été assez lissé.

« Si l'encre et le papier sont bons, il est encore plus facile de reconnaître ces fautes, et de les éviter par la suite.

« La gélatine doit être assez légère pour que, étant prise en gelée, elle puisse encore être étendue facilement avec une éponge et à froid sur du papier non collé; elle ne s'attache alors qu'à la surface.

« Lorsqu'on l'emploie à chaud, elle peut être plus forte, parce qu'elle s'étend davantage.

« La gomme-gutte doit être employée le même jour qu'elle est dissoute, attendu qu'à la longue la dissolution devient huileuse; elle ne nuit pas, en cet état au transport, mais elle donne un brillant au papier qui pourrait rendre le tracé plus difficile, surtout à des personnes peu exercées.

(1) G. Lalleman, peintre et graveur, qui florissait vers l'année 1640.

Digitized by Google

« L'empois ne peut s'employer qu'à froid, le lendemain qu'il est fait, et après avoir enlevé du vase qui le soutient la peau qui s'y est formée. »

Les propriétés que M. Crusel attribue à son papier sont très exactes, et constatées, d'ailleurs, dans un rapport fait au conseil de la Société d'encouragement, en 1830, par M. Gaultier de Claubry.

« Il nous a semblé, dit le rapporteur, que l'on ne pouvait mieux faire pour ce genre d'opération; notre opinion est corroborée par les essais multipliés auxquels nous nous sommes livrés; et il nous paraît difficile de supposer que l'on puisse parvenir à obtenir une plus grande perfection. (Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, décembre 1830). »

Cependant nous devons dire que les écrivains autographes du commerce ne font pas généralement usage du papier de M. Crusel parce qu'il est, disent-ils, trop long à fabriquer.

M. Tudot dit que, d'après ses propres expériences, il y a avantage à ne mettre que deux couches de gélatine sur le papier, attendu que, si les couches font trop d'épaisseur, les traits à l'encre peuvent être déplacés lors de la pression nécessaire pour le transport.

Certes nous aurions encore beaucoup de choses à dire s'il nous fallait dévoiler tous les procédés, toutes les recettes, et tous les tours de main épars dans les divers ateliers de lithographie; mais notre but n'est pas d'entrer ici dans tous les détails pratiques de la lithographie, et nous renvoyons, pour les connaître, aux ouvrages spéciaux de MM. Marcel de Serres, Sénéfelder, Raucourt, Engelmann, Bregeault, Honbloup, Chevalier et Langlumé, Tudot, Bry, et au journal *le Lithographe* rédigé par M. Jules Desportes. A. R.

LITRE. Mesure de capacité, de forme cylindrique, dont la contenance est d'un décimètre cube. Pour le mesurage des matières sèches, le litre est un cylindre dont la hauteur égale le diamètre. = 0m,1084; pour les liquides sa hauteur, qui est de 0m,172, est le double de son diamètre, qui est de 0m,086.

LOCH. Instrument dont on se sert en mer pour mesurer la vitesse d'un navire, et qui consiste en un morceau de bois, ayant la forme d'un triangle isocèle ou d'un secteur de cercle, de 0m,18 à 0m,20 de hauteur, qu'on leste à la base pour qu'il se tienne debout dans l'eau, la pointe en haut. Le lest est un morceau de plomb d'un poids tel que la pointe sorte à peine au-dessus de la surface de l'eau, afin que le vent n'ait pas de prise dessus.

Le loch est attaché à un cordon, qui sert à le retenir lorsqu'on le jette à la mer; ce cordon, enroulé sur un moulinet, se développe au fur et à mesure que le navire avance, et porte des marques en drap rouge ou *nœuds* équidistants. Le premier nœud est fixé en un point, déterminé par expérience, tel que, lorsqu'il quitte le moulinet, le loch flotte assez loin du navire pour ne plus être entraîné par le sillage; on regarde alors l'instrument comme stationnaire sur les flots, et on compte aussitôt le temps, soit au moyen d'une montre à secondes, soit au moyen d'un petit sablier qui dure 1/2 minute. Si le loch restait stationnaire, pour que le vaisseau fît à l'heure autant de mille marins de 1852m ou de 60 au degré, que de nœuds passeraient sur la ligne en 1/2 minute ou la 120e partie d'une heure, il faudrait que l'espacement des nœuds fût la 120e partie de 1852m ou 15m,45. Mais on a remarqué que le loch ne reste pas rigoureusement stationnaire, et que les circonstances physiques le forcent à cheminer quelque peu; c'est pourquoi on espace seulement les nœuds de 15m, parce que l'on a reconnu que cette réduction suffit pour tenir compte du mouvement de translation du loch. Il résulte de ce qui précède que, lorsqu'on dit qu'un vaisseau *file huit nœuds*, il faut entendre qu'il passe 8 nœuds de la ligne par 1/2 minute, ou que le navire parcourt 8 milles marins à l'heure. Voyez l'article NAVIGATION pour la description d'un instrument plus parfait employé par les Anglais.

LOCOMOTIVE. On donne le nom de *machine locomotive*, ou simplement de *locomotive*, à un système de machine à vapeur dont la force motrice est appliquée au transport sur les chemins de fer.

Ces machines diffèrent essentiellement des autres en ce que, montées complétement sur des roues, elles marchent avec le convoi qu'elles remorquent.

De tous les systèmes de machines à vapeur, celui de la locomotive est le plus moderne, et il est encore loin d'être parvenu à son apogée; les modifications qu'il subit tous les jours sont là pour le constater.

Nous pensons qu'il peut être assez curieux pour le lecteur de connaître la série des nombreux perfectionnements qu'a subis ce moteur depuis son origine jusqu'à nos jours; nous allons les relater brièvement.

Description historique des locomotives. En 1759, le docteur Robison, savant anglais, contemporain et ami de James Watt, conçut l'idée d'appliquer la force motrice de la vapeur à la traction des voitures. Ce projet n'eut pas de suite, par la raison qu'à cette époque on ne faisait usage de la vapeur qu'à la pression atmosphérique, ce qui nécessitait un appareil de condensation et, partant, un poids considérable pour la machine. Néanmoins, en 1784, Watt indiqua les moyens de construire une locomotive à condensation; mais il ne donna pas non plus de suite à cette idée. En 1802, l'emploi de la vapeur à haute pression étant devenu plus familier, MM. Trevithick et Vivian mirent les premiers à exécution l'idée du docteur Robison.

Leur locomotive consistait en une chaudière cylindrique à foyer et circulation intérieure, dans laquelle était placé un cylindre à vapeur vertical, *à double effet*. La distribution s'effectuait au moyen d'un robinet à quatre voies, système de *Leupold*.

La vapeur sortant du cylindre se rendait à la cheminée par un tuyau traversant un long réservoir dans lequel était l'eau d'alimentation.

La transmission du mouvement du piston à l'essieu des roues motrices se faisait au moyen de deux bielles articulées, absolument comme dans la machine, système de Maudslay. Les manivelles étaient en dehors des roues. Un volant placé sur l'essieu des roues motrices facilitait le passage de la manivelle aux points morts.

En 1804, une machine de MM. Trevithick et Vivian fut employée pour le service d'une mine à Merthyr Tydvil, dans la partie méridionale du pays de Galles. Elle remorquait, sur un petit chemin de fer de trois lieues, 100,000 kilogr. de houille avec une vitesse de deux lieues à l'heure.

Les dimensions du cylindre à vapeur étaient :

Diamètre.	0m,203
Course.	1m,37

Le principal inconvénient que présentait cette machine était de ne pouvoir se tenir longtemps en vapeur. Il fallait, pour être sûr de parcourir le trajet d'un seul trait, sans rester en route, emmagasiner, dans la partie supérieure de la chaudière, une quantité notable de vapeur; en d'autres termes, partir avec une pression de trois à quatre atmosphères, et ouvrir modérément le régulateur, de manière à fonctionner tout au plus à deux atmosphères et demie pendant la marche.

Cet inconvénient fut un obstacle qui recula jusqu'à 1829 la série des perfectionnements qui ont été apportés à ce moteur.

En 1811, M. Blenkensop, mécanicien anglais, fit exécuter une locomotive qui se distinguait particulièrement par la disposition qu'il adopta pour obtenir l'adhérence des roues sur le sol.

Il paraît qu'à cette époque, où le poids de la locomo-

Digitized by Google

tive était trop faible pour produire l'adhérence, on était persuadé que les roues devaient glisser ; toujours est-il que M. Blenkensop munit ses roues de dents engrenant avec des crémaillères qui régnaient sur toute la longueur de la voie.

En 1812, MM. William et Édouard Chapmann, sans doute pénétrés de la même idée que M. Blenkensop, construisirent une locomotive dont l'avancement avait lieu au moyen d'une roue dentée engrenant avec une chaîne qui régnait sur toute la longueur du chemin.

En 1813, M. Brunton, mécanicien anglais, imagina une locomotive dont l'avancement avait lieu au moyen d'articulations placées à l'arrière et fonctionnant d'une manière analogue à celle des jambes d'animaux.

On en était là, lorsque M. Blackett, ingénieur anglais, prouva par des expériences directes sur une locomotive qu'il plaça au chemin de fer de Wylan, que l'adhérence des roues ordinaires sur les rails était suffisante pour remorquer la charge que l'on mettait à la suite des locomotives. Il fallait seulement que ces roues fussent convenablement chargées.

Cette découverte opéra une certaine révolution dans les locomotives, et, à partir de cette époque, on commença à s'en occuper sérieusement. Parmi les mécaniciens qui contribuèrent le plus à perfectionner ces appareils, on doit citer, en première ligne, MM. Dodd et Stephenson, dont l'un est devenu depuis une célébrité.

La locomotive de M. Blackett était, comme les précédentes, à un seul cylindre vertical, deux bielles et un volant. La première modification par laquelle se signala M. Stephenson, en 1814, fut la suppression du volant, et son remplacement par un second cylindre.

Dans la machine construite, d'après ce nouveau principe, les cylindres étaient verticaux, agissant toujours au moyen de deux bielles articulées, chacun sur un arbre à manivelles. Ces arbres à manivelles communiquaient entre eux et avec les essieux des roues au moyen d'engrenages. Ils étaient disposés de telle sorte que leurs manivelles respectives se trouvaient toujours à angle droit, condition indispensable pour éviter l'influence du point mort.

Bientôt après M. Stephenson, aidé de M. Dodd, substitua des chaînes sans fin aux engrenages directs, et, afin d'éviter la complication des arbres, il plaça les cylindres chacun dans le plan vertical passant par l'axe d'un essieu ; de cette manière les manivelles étaient directement établies sur les essieux.

Ce ne fut pas la seule modification que ces messieurs introduisirent dans la locomotive construite d'après ce système. Jusque-là on n'avait pas encore pensé à l'usage des ressorts, et il paraît que ce furent les engrenages de M. Stephenson qui lui en firent sentir la nécessité.

En effet, on remarque que, au lieu de porter directement sur les essieux des roues, la chaudière de la locomotive à deux cylindres verticaux, agissant directement sur ces essieux, en était séparée par quatre appareils dont voici la description :

Chacun de ces appareils se composait d'un piston plein vertical fixé sur l'essieu et surmonté d'un cylindre emboîtant exactement ce piston, et muni d'ailleurs d'un stuffing box. Ce cylindre était fixé à la chaudière et communiquait librement avec son intérieur.

La pression de la vapeur agissant par réaction sur la partie supérieure opposée à ce cylindre, soulevait la chaudière d'une quantité proportionnelle à sa pression. Il en résultait que la chaudière, ainsi portée en quatre points, oscillait pendant la marche absolument comme sur des ressorts. La surface des pistons était déterminée d'après le poids de la chaudière pleine, sa pression intérieure et le soulèvement que l'on voulait avoir.

Il est probable que cette disposition, toute ingénieuse qu'elle était, eut pour inconvénient de n'opérer qu'accidentellement, c'est-à-dire quand la pression de la vapeur dans la chaudière était suffisante ; or, comme on n'était pas encore parvenu à trouver le moyen de donner une grande surface de chauffe aux chaudières, la machine devait, au bout de peu de temps de marche, retomber sur les essieux.

De plus, les cylindres étant verticaux, il fallait donner un jeu considérable aux pistons pour qu'ils ne frappassent pas contre les fonds.

Nous avons eu occasion de voir employer la même disposition modifiée sur un remorqueur de routes ordinaires, construit à Calais en 1839. L'auteur donnait l'idée de ces ressorts comme de lui, il était peut-être de bonne foi. N'avons-nous pas vu, il y a quelque temps, un inventeur nous proposer sérieusement la disposition de M. Blenkensop modifiée comme étant la sienne.

Après la machine de MM. Dodd et Stephenson, apparut une machine fort importante, eu égard aux résultats qu'engendra par la suite la direction donnée par son inventeur aux perfectionnements qu'il apporta à la machine de ses prédécesseurs.

La *Sans Pareille*, de M. Hackworth, se composait, comme la locomotive de MM. Dodd et Stephenson, de deux cylindres verticaux, mais elle en différait essentiellement, en ce que les cylindres, au lieu d'agir chacun sur un essieu au moyen de bielles articulées, étaient placés chacun, en dehors de la chaudière, à une des extrémités d'un seul essieu qui recevait le mouvement en dessous, au moyen de deux manivelles à angles droits.

On supprima donc ainsi d'un seul coup : 1° une grande traverse à chaque cylindre ; 2° une grande bielle également à chaque cylindre : 3° deux roues dentées et une chaîne sans fin.

Cette importante modification fut immédiatement suivie de quelques autres dont elle avait jeté les fondements et qui constituent la portion des locomotives modernes où s'effectue le travail.

En effet, après la *Sans Pareille* apparut la *Fusée*, de Stephenson, qui en différait uniquement, en ce que les cylindres, au lieu d'être verticaux, étaient inclinés à 45°.

Que dire ensuite pour arriver à l'horizontalité parfaite, sinon que si cette disposition ne fut pas adoptée de prime-abord par l'ingénieux M. Hackworth, c'est que, comme tout le monde, il pensait que les cylindres horizontaux devaient s'user très rapidement. Il fallut que, par des inclinaisons successives, on arrivât à reconnaître que l'on redoutait une chimère.

Les locomotives laissèrent encore quelque chose à désirer ; on marchait bien, mais pas longtemps, la vapeur tombait trop vite ; l'injection de vapeur dans la cheminée activait le tirage, mais la surface de chauffe était insuffisante. On arrivait à force de tuyaux de circulation jusqu'à 6 et 8 mètres carrés de surface de chauffe, mais on n'allait pas plus loin.

En 1829, époque mémorable, deux ingénieurs, l'un, Français, M. Séguin, l'autre, Anglais, M. Stephenson, découvraient, chacun de son côté, le principe tant cherché de la vie des locomotives, et l'on pourrait dire des chemins de fer.

Pendant que M. Séguin faisait ses expériences dans les chantiers du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, M. Stephenson, plus heureux, présentait au concours de Liverpool une locomotive à chaudière *tubulaire*, possédant une surface de chauffe totale de 12 mètres carrés, et était couronné avec tous les honneurs dus à l'inventeur d'un grand principe.

Certes, cette surface de chauffe de 12 mètres carrés n'était pas considérable, si on la compare à celle que possèdent aujourd'hui ces appareils moteurs ; mais le principe était émis, et de 25 tubes de 5 centimètres de diamètre par où débuta M. Stephenson, on ne tarda pas

Digitized by Google

à aller jusqu'à 50, 75, 100, 125 même, de 4 centimètres 1/2 en moyenne.

Le cylindre arrivé à la position horizontale et la chaudière devenue tubulaire, la construction de la locomotive ne présentait plus d'obstacles à son adoption définitive, et il n'y eut plus alors quà s'occuper des perfectionnements ; mais, il faut l'avouer, si on exécuta mieux chaque pièce, on n'avança pas beaucoup dans la disposition, comme nous allons le voir.

A peine les cylindres furent-ils horizontaux et agissant en dehors des roues qu'on imagina, pour leur rendre l'enveloppe de chaleur qu'ils avaient perdue en sortant de la chaudière, de les placer dans la boîte à fumée entre les roues. Il fallut alors faire des essieux coudés, qui, d'abord trop faibles, se cassaient, puis, qui devenus suffisamment forts par l'accroissement successif de leurs dimensions, ont présenté tant de difficultés à construire, qu'aujourd'hui on y renonce et on se décide à remettre les cylindres en dehors. Tel est, du moins, la direction que semblent prendre les perfectionnements du jour.

A l'instar des constructeurs anglais, MM. Allcard et Buddicom exécutèrent, il y a trois ans, toutes les locomotives du chemin de fer de Rouen avec cylindres en dehors.

Les ingénieurs du gouvernement, les imitant, ont commandé les locomotives du chemin de fer du Nord sur le même système.

Après cet exposé succinct de l'histoire des locomotives, nous allons envisager ce moteur sous les points de vue physique et mécanique, théorique et pratique.

Examen particulier des différentes parties d'une locomotive. Les locomotives, comme toutes les machines à vapeur sans condensation, peuvent se diviser en six parties principales, savoir : 1° la vaporisation ; 2° la distribution ; 3° le travail ; 4° la transmission du mouvement ; 5° l'alimentation ; 6° le bâti.

La vaporisation comprenant : la chaudière, la boîte à fumée, la cheminée, les conduits de vapeur aux cylindres, et les appareils de sûreté.

La distribution comprenant : le régulateur, les distributeurs, le mouvement des distributeurs et le tuyau d'injection dans la cheminée.

Le travail comprenant : les cylindres, les pistons et leurs tiges.

La transmission de mouvement comprenant : les guides, les bielles, les manivelles coudées ou non coudées, l'essieu moteur et les roues motrices.

L'alimentation comprenant : les pompes alimentaires, leurs soupapes, les tuyaux de raccordement avec le tender et le tender.

Enfin, le bâti comprenant : le châssis, les ressorts, les petites roues et leurs essieux, ainsi que les accessoires divers qui terminent une locomotive.

Toutes les pièces d'une locomotive se trouvant comprises dans ces six parties ainsi définies, si nous les passons successivement en revue nous serons certains d'a voir envisagé ces moteurs sous le point de vue le plus général et le plus complet.

§ 1er VAPORISATION. 1° *Chaudière.* Une chaudière de locomotive se compose de deux appareils distincts, savoir : la caisse à feu, le corps cylindrique.

La caisse à feu est une capacité A, en cuivre rouge, et de forme d'un parallélipipède rectangle (Pl. 11, fig. 1 et 2), dans laquelle a lieu la combustion du coke. Cette capacité est ouverte à sa partie inférieure, et terminée par une grille B; elle est munie en outre, sur la face postérieure, d'une porte C, par laquelle on introduit le combustible. Autour de la boîte à feu, et à une distance de 10 centimètres environ, est une enveloppe en tôle de fer D, fermée de toutes parts, sauf sur une portion circulaire de sa face antérieure correspondant exactement à la section du corps cylindrique.

De dix en dix centimètres les parois latérales de la caisse à feu et de son enveloppe sont percées de trous taraudés dans lesquels sont passés des boulons à vis que l'on rive des deux côtés. Le but de ces boulons est de maintenir constant, entre ces deux surfaces, l'écartement que ne manquerait pas d'accroître l'action de la vapeur à haute pression.

La surface des parois de la caisse à feu porte le nom de *surface de chauffe directe.*

C'est par cette surface qu'est produite la plus grande quantité de vapeur, à *aire* égale.

Pour maintenir plane la paroi supérieure de la caisse à feu, on n'a pas recours au même moyen que pour les parois latérales ; d'abord, parce que cela empêcherait la pose de tout appareil sur la partie supérieure de l'enveloppe, ensuite parce que cette partie qui est cylindrique n'en a pas besoin. On munit alors la paroi supérieure H d'arceaux paraboliques en fonte E, espacés de 10 à 12 centimètres les uns aux autres, et dont le système le plus employé est représenté en détail dans les figures 3 et 4 ; ces arceaux sont rendus rigides pas des entraits en fer et soutiennent cette face par des boulons qui traversent de part en part, comme l'indique la figure.

A la partie supérieure de l'enveloppe est pratiquée une ouverture qui se ferme, tantôt par un trou d'homme, tantôt par un dôme dans lequel s'effectue la prise de vapeur.

On n'est pas encore d'accord jusqu'ici sur le point de la chaudière où il est le plus convenable de faire la prise de vapeur. Les uns la font au-dessus de la caisse à feu, parce que là le mouvement du régulateur est facile et la hauteur assez grande ; les autres la font le plus près possible de la boîte à fumée, parce que, disent-ils, sur la caisse à feu il se produit un bouillonnement qui entraîne avec lui une grande quantité d'eau non vaporisée dans les cylindres, tandis qu'à l'autre extrémité, la vapeur s'élève graduellement et est beaucoup plus sèche quand elle arrive aux cylindres.

Pour éviter l'entraînement d'eau par la vapeur, qui se rend au cylindre, M. C. E. Jullien proposa, il y a quatre ans, le chauffage de la vapeur sur la caisse du foyer (pl. 11, fig. 2). Cette disposition n'a pas, que nous sachions, été essayée. Elle présente, il est vrai, en apparence, quelque danger, mais il est possible que tôt ou tard elle soit mise en question et éprouvée.

Le corps de la chaudière est un cylindre horizontal en tôle de fer F, aboutissant, d'une part, à l'enveloppe de la caisse à feu, avec l'intérieur de laquelle il communique ; d'autre part, à la boîte à fumée dont il est séparé par une forte plaque en tôle de fer de 15 millimètres d'épaisseur.

C'est dans cette plaque en tôle que viennent se loger les extrémités antérieures des tubes de fumée G, dont les extrémités postérieures sont fixées, par des viroles en fer, dans la paroi antérieure de la caisse à feu qui possede, en cet endroit, une épaisseur de 20 millimètres.

Ces tubes, de 4 à 5 centimètres de diamètre, sont distants les uns des autres de 15 à 20 millimètres, et occupent à peu près tout l'espace de la chaudière cylindrique contenant de l'eau. Nous disons à peu près, parce que, supérieurement et inférieurement, on ménage une hauteur de 10 centimètres, sans tubes : supérieurement, afin que le niveau de l'eau baissant, les tubes supérieurs ne se trouvent pas dans la vapeur, ce qui les exposerait à être promptement brûlés : inférieurement, afin que les dépôts qui se font dans cette partie du corps cylindrique ne viennent pas à couvrir les tubes inférieurs. ce qui les exposerait également à être brûlés promptement.

L'assemblage des tubes avec la plaque de tôle de la boîte a fumée, se faisant comme avec l'autre, au moyen de viroles, ces deux faces sont suffisamment maintenues

Digitized by Google

à distance entre elles dans la portion qui est occupée par les tubes. Mais au-dessus de cette portion, sur la plaque en fer de la boîte à fumée, et au-dessus de la caisse à feu, dans la face postérieure de son enveloppe, rien n'empêche l'action de la vapeur de se manifester. Alors on met des tirants en fer H, au nombre de dix ou douze situés dans le même plan horizontal, et dont les extrémités se relient aux deux faces ainsi opposées.

M. de Pambour a fait une longue série d'expériences pour déterminer les conditions du travail des chaudières des locomotives. Les résultats peuvent se résumer ainsi :

1° La production de vapeur diminue légèrement quand la pression augmente dans la chaudière.

2° La production de vapeur augmente rapidement avec la vitesse de la locomotive, parce que le travail du jet de vapeur, par conséquent le tirage, augmente en même temps. Quand la machine est arrêtée, elle produit cinq fois moins de vapeur que quand elle marche à sa vitesse normale.

3° Au-dessus et au-dessous de la section de la tuyère qui suffit pour porter la flamme à l'extrémité des tubes la production de vapeur diminue.

4° Quand la machine est arrêtée ou qu'elle a peu de vitesse, la production de vapeur par l'unité de surface directement exposée à l'action du foyer est beaucoup plus considérable que pour l'unité de surface du tube, mais quand la machine est en plein travail, la production est la même pour les deux surfaces ; parce qu'alors la flamme se prolongeant jusqu'à l'extrémité des tubes, tout est réellement surface directe exposée au rayonnement. C'est donc la surface totale des tubes qu'il faut prendre pour base du calcul des locomotives.

5° La production moyenne de vapeur par mètre carré de surface totale et par heure est de $62^k,4$.

6° La quantité d'eau entraînée par la vapeur dans le cylindre varie suivant la distance entre le niveau de l'eau et la prise de vapeur, suivant la capacité du réservoir de vapeur et la rapidité de la vaporisation de 10 à 36 p. 100 de la quantité totale enlevée de la chaudière.

7° Avec du coke de gaz on brûle 12 p. 100 de plus qu'avec du coke de fonderie de première qualité. Avec ce dernier la vaporisation moyenne est de $6^k,25$ par kil. de coke, y compris l'eau emportée à l'état liquide, ce qui réduit la quantité réellement vaporisée à $5^k,80$ environ. Il faut remarquer que le coke donne un effet utile plus grand en vapeur, quand la machine est arrêtée ou marche lentement, par suite quand la quantité de combustible brûlée est moindre, parce qu'alors la surface de chauffe est plus considérable par rapport à la quantité brûlée.

8° Quant au rapport entre la surface de chauffe du foyer et celle des tubes, en augmentant celle des tubes on augmente l'effet utile du combustible, le foyer restant plus petit ; mais en augmentant la surface du foyer et sa grandeur, on augmente la vitesse de production, ce qui est très important, même aux dépens de l'effet utile du combustible.

Jusqu'en 1843, la surface de chauffe se répartissait en moyenne, ainsi qu'il suit, savoir :

surface de chauffe directe. . . .	$5,00^{m.\ car.}$
surface de chauffe par contact. . .	45,00
Total. . .	$50,00^{m.\ car.}$

faisant $20^{m.\ car.}$ de surface de chauffe réduite ou directe, le mètre carré de surface de foyer étant équivalent à 3 mètres carrés de surface de tubes.

Dans son ouvrage sur les locomotives, M. Jullien, frappé de la perte énorme de chaleur qui se faisait par la cheminée, proposait, pour économiser le combustible, d'augmenter la surface de chauffe par un élargissement suffisant de sa voie. Le problème a été résolu, dans ces derniers temps, par M. Stephenson, d'une manière fort heureuse, sans que l'on ait eu recours à ce moyen. Cet habile ingénieur a simplement augmenté la longueur du corps cylindrique ; mais il y avait une condition difficile à remplir pour arriver à ce résultat ; car l'allongement du corps cylindrique, avec la disposition d'alors des locomotives, entraînait naturellement avec elle l'écartement des essieux des roues, écartement qui, à cause des courbes, doit être maintenu le moindre possible.

Au lieu de mettre un essieu en dehors de la boîte à feu sous la plate-forme du chauffeur, et les deux autres sous le corps cylindrique, M. Stephenson les place tous les trois (pl. 12, fig. 1) sous le corps cylindrique ; ce qui met la caisse à feu en porte à faux.

Il a ainsi augmenté la surface de chauffe dans une proportion très grande, sans augmenter la dimension du foyer, ni par conséquent sa dépense en combustible, comme on peut en juger par le tableau ci-dessous :

Tableau des dimensions principales des chaudières des locomotives du chemin de fer du Nord (pl. 12, fig. 1, 2, 3), *construites d'après le système nouveau de M. Stephenson.*

Caisse à feu,	longueur.	$0^m,944$
—	largeur.	$0^m,966$
—	hauteur.	$1^m,215$
Surface de chauffe directe, en mèt. car.		$5^m,3638$
Tubes,	longueur.	$3^m,982$
—	diamètre intérieur. . .	$0^m,045$
—	nombre.	125
Surface de chauffe par contact, en m. car.		$68^m,920$
Surface de chauffe totale. .	*dito.* .	$74^m,2857$
Surface de chauffe réduite. .	*dito.* .	$28^m,3377$

La longueur de la partie cylindrique a été ainsi portée de $2^m,20$ à $3^m,85$, et la surface de chauffe augmentée de moitié.

Ce résultat est très remarquable et dénote un très grand progrès qui n'est pas, du reste, le seul qui ait été accompli depuis quatre ans.

2° *Tuyaux de communication de la chaudière aux cylindres.* — Suivant la position de la prise de vapeur, ces tuyaux sont plus ou moins longs. Ils se composent d'un premier tuyau L (pl. 11, fig. 1), dont la section est égale au 1/12 environ de la section des deux cylindres réunis, traversant la plaque de séparation de la chaudière et de la boîte à fumée. Là, deux autres tuyaux L', dont les sections sont moitié de celle du précédent, établissent la communication entre ce tuyau et les boîtes à vapeur. Les deux tuyaux L' sont coudés de manière à ne pas couvrir aucune partie de l'espace de la plaque occupé par les tubes.

3° *Appareils de sûreté.* — Les appareils de sûreté, pour locomotives, se composent de : deux soupapes de 10 à 11 centimètres de diamètre, à leviers et à ressorts ; un niveau indicateur en verre ; trois robinets vérificateurs : un sifflet à main pour prévenir.

Incessamment, elles seront munies d'un manomètre à air libre d'une disposition particulière (voyez MANOMÈTRE).

§ 2. DISTRIBUTION. — *Régulateur.* Le régulateur J (pl. 11, fig. 1) se construit de différentes manières : tantôt c'est un disque, appelé papillon, qui tourne sur un autre. Ces deux disques sont percés, chacun de deux orifices formant des secteurs dont la surface est à peu près égale à celle d'un quart de cercle, de manière qu'il puisse y avoir recouvrement des vides par les pleins, quand on les met en présence. Tantôt c'est un tiroir (pl. 11, fig. 8), tantôt c'est une soupape.

On employait autrefois un robinet ; cette disposition existe encore dans les machines de M. Bury (de Liverpool) (pl. 11, fig. 5, 6, 7). De tous ces régulateurs, le tiroir et la soupape nous paraissent les meilleurs, parce

Digitized by Google

que ce sont eux qui, sans se détériorer, ferment le plus longtemps et le mieux.

Distributeurs. — La distribution se fait toujours au moyen de tiroirs : pendant longtemps elle s'est faite sans détente aucune. Les expériences de MM. Flachat et Petiet, sur les locomotives de Saint-Germain et Versailles (rive droite), firent connaître les avantages qu'il y avait à donner de l'avance aux tiroirs et du recouvrement. En 1841, M. Jullien proposa, pour les locomotives, l'emploi d'une détente à deux tiroirs superposés, qu'il avait exécutée avec succès sur des machines à vapeur ordinaires. A peu près à la même époque, M. Clapeyron essayait d'adapter à une locomotive du chemin de fer de Saint-Germain, le système de détente de M. Edwards.

Nous n'avons pas à revenir ici sur l'importance de l'emploi de la détente et sur l'économie de combustibles qu'elle procure; nous y avons déjà consacré l'article AVANCE DU TIROIR; nous indiquerons seulement les moyens de construction qui permettent d'obtenir la détente et de la faire varier.

En 1844, M. Meyer, mécanicien à Mulhouse, présenta à l'exposition une locomotive (pl. 11, fig. 1), dont la DÉTENTE est, comme celles de MM. Edwards et Jullien, à deux tiroirs superposés. Elle en diffère seulement en deux points, savoir :

1° Le tiroir supérieur est doué d'un mouvement continu que lui communique la tige du piston à vapeur par l'intermédiaire du *contre-guide* et d'un levier;

2° Ce tiroir est en deux parties qui peuvent s'écarter ou se rapprocher à volonté au moyen de deux vis montées sur un même axe recevant son mouvement par l'intermédiaire de petits pignons d'engrenage.

Cette année, nous voyons apparaître deux nouveaux systèmes de détente variable à deux tiroirs, savoir :

La détente de M. Gunzenbach (pl. 12, fig. 1 et 3).

La détente de M. Delpêche (pl. 12, fig. 4).

Avant d'entrer dans les détails de construction de ces deux nouvelles détentes, il est bon de faire connaître ce qui se passa avant leur apparition.

La substitution des cylindres extérieurs aux cylindres intérieurs se fit d'abord, tout naturellement, dans les locomotives du chemin de fer de Rouen. La distribution était placée sur les cylindres et recevait son mouvement par l'intermédiaire de barres et crochets d'excentriques, de leviers et arbres de tiroirs.

Bientôt on pensa que s'il était absolument nécessaire de mettre les cylindres en dehors de la boîte à fumée il était néanmoins possible de conserver les tiroirs à l'intérieur. Pour cela, il fallait les mettre verticaux au lieu de horizontaux, ou tout au moins très inclinés.

Cette disposition de tiroirs de côté avait déjà été essayée par M. Stephenson, pour cylindres en dedans des roues, mais n'avait pas paru très satisfaisante; cependant elle permettait de n'avoir qu'une seule boîte à vapeur pour les deux tiroirs; on lui objectait néanmoins l'inconvénient de ne pas bien fermer les lumières et d'augmenter le frottement.

A la longue, comme il arrive toujours aux nouvelles inventions, on s'est familiarisé avec cette importante disposition et on n'en veut plus d'autres; nous disons importante, parce qu'elle supprime d'un seul coup le crochet d'excentrique, le levier de dito, l'arbre du tiroir et ses deux supports, enfin le levier du tiroir. Aussi, en résulta-t-il que la mise en mouvement de deux tiroirs, par deux tiges séparées, qui, avant, présentait de grandes difficultés, ne fut plus rien du tout, comme on va le voir.

Les détentes de MM. Gunzenbach et Delpêche sont toutes deux basées sur l'emploi d'un second tiroir se mouvant dans une boîte particulière (pl. 12, fig. 3, 4 et 5).

Elles diffèrent entre elles par une petite particularité qui existe dans la transmission du mouvement et rend la détente de M. Delpêche préférable à celle de M. Gunzenbach.

La marche en avant et la marche en arrière sont réglées par deux excentriques a, a' (pl. 12, fig. 5). Une coulisse b, aux extrémités de laquelle sont assemblées à charnière les barres d'excentriques c, c', peut circuler verticalement sur un glissoir fixé à la tige du tiroir inférieur. Quand l'une des extrémités d, de la coulisse se trouve en présence du glissoir de la tige, l'un des excentriques a, communique son mouvement au tiroir, tandis que l'autre a' travaille à vide.

Quand le milieu de la coulisse se trouve en présence du glissoir de la tige, les deux excentriques travaillent à vide, et le tiroir se place au milieu de sa course.

Cette coulisse, qui remplace aujourd'hui fort avantageusement les fourchettes ou Vdes barres d'excentrique, a été imaginée par M. *Cabry*.

Dans la détente *Gunzenbach* (pl. 12, fig. 1), l'excentrique de la marche arrière est assemblé à charnière avec une bielle, communiquant le mouvement à un levier h, dont le point fixe est en j. Ce levier est muni d'une rainure intérieure i, dans laquelle peut circuler un galet k, mobile sur le goujon d'une charnière par laquelle se termine la bielle l, du tiroir de détente. La position de ce galet se détermine à la main. Plus il est près du point fixe i, plus la course du tiroir supérieur est petite, plus il en est loin, plus elle est grande.

Dans la détente *Delpêche* (pl. 12, fig. 4), l'excentrique de marche arrière a', est muni d'un second cercle g, dont la queue se termine par une charnière à galet mobile dans la rainure h, du levier i, dont le point fixe est en j. k, est le point d'attache de la bielle du tiroir de détente. Comme dans l'appareil précédent, la détente varie suivant la position du galet de la queue du cercle g, dans la rainure h.

Bien que cette disposition semble un cas particulier de la précédente, elle en diffère essentiellement en ce que : 1° quand le galet de la queue du cercle g, monte ou descend, la position de l'excentrique par rapport à ce galet varie, et cela dans une telle proportion, que les résultats obtenus diffèrent essentiellement de ceux donnés par la détente *Gunzenbach*; 2° l'ouverture qui se trouve à la partie inférieure de la rainure h, permet de marcher sans détente; pour cela, il suffit d'y mettre le galet de la queue du cercle g. Le tiroir supérieur se trouve alors fixe.

Tirage. Un tirage actif a lieu par l'effet de la vapeur lancée dans le cheminée à sa sortie du cylindre.

La contre-pression contre le piston, qui résulte de la nécessité de donner une faible ouverture à la tuyère, afin que le jet de vapeur ait une vitesse suffisante, et produise un tirage convenable, a été l'objet d'expériences récentes de MM. Gouin et Lechatelier. Ils ont trouvé que, dans certains cas, cette contre-pression s'élevait jusqu'à la valeur énorme de 0,50 de la pression de la vapeur, et par suite qu'elle cause une perte de travail considérable. Ce résultat a fait penser de nouveau à l'emploi des ventilateurs pour déterminer le tirage, système déjà essayé à l'origine des locomotives, moins simple que le système actuel, mais qui entraînerait peut-être une perte de travail moindre.

M. Polonceau a trouvé avantage à construire, pour les locomotives du chemin de fer d'Alsace, une tuyère (pl. 12, fig. 1) composée de deux parties pouvant se rapprocher ou s'éloigner. Le mécanicien peut alors diminuer le tirage, et par suite la contre-pression à sa volonté, ce qui permet d'économiser le combustible dans divers cas.

§ 3. CYLINDRES A VAPEUR. Après ce qui a été dit sur cette partie des locomotives dans la description historique, et précédemment, il ne reste rien de particulier à en dire ici. Les fig. 9, 10 et 11, pl. 11, représentent les cylindres dans l'ancienne disposition, et les fig. 2 et 3, pl. 12, les représentent dans la nouvelle.

Digitized by Google

§ 4. TRANSMISSION DU MOUVEMENT. La transmission du mouvement du piston aux roues motrices ne s'est fait remarquer depuis quelques années, que par les augmentations successives de force qui ont été données aux différentes pièces dont elle se compose. Nous nous abstiendrons d'en parler ici, cette partie étant traitée d'une manière spéciale à l'article *Composition des machines à vapeur*, ci-après (Voir MACHINE A VAPEUR).

§ 5. ALIMENTATION. Dans les locomotives à cylindres sous la boîte à fumée, l'alimentation s'effectue par deux pompes ayant chacune un piston plein dont la course est égale à celle des pistons à vapeur. Ces pompes se placent sur la grande traverse extérieure, le plus près possible du châssis, de manière à ce qu'on puisse refaire facilement la garniture des pistons.

Dans les locomotives nouvelles, le dessous de la chaudière cylindrique se trouvant débarrassé des excentriques, manivelles coudées et grandes traverses, tandis que l'emplacement habituel des pompes y est encombré des pièces de transmission de mouvement, on a déplacé ces dernières et on les a logées tout à fait au-dessous de la chaudière cylindrique. Mais alors il devint impossible de faire mouvoir leurs pistons de la même manière qu'auparavant, et on remplace par des excentriques l'appareil simple de transmission de mouvement de la tête de la tige du piston à vapeur à celui de la pompe. Cette disposition a nécessairement entraîné avec elle une diminution de course et une augmentation de diamètre des pompes. Sans la blâmer positivement, nous pensons que l'on reviendra à l'ancienne méthode pour mouvoir les pistons des pompes alimentaires ; et, au lieu de les en séparer, on coulera les pompes alimentaires avec les cylindres comme cela se pratique dans les machines horizontales du Creusot. De cette manière, les boîtes à soupapes se trouveront placées à l'avant des machines et seront très faciles à visiter.

Les tenders des locomotives ont subi peu de modifications. Ils consistent toujours en une capacité rectangulaire, séparée en deux compartiments dont l'un reçoit la quantité d'eau nécessaire à l'alimentation de la chaudière pour un parcours déterminé, l'autre la quantité de charbon aussi nécessaire pour le même parcours. En avant du tender sont placées, en forme de bancs, deux boîtes renfermant, l'une l'huile et les chiffons nécessaires pour le graissage et le nettoyage de la machine, l'autre les outils nécessaires pour les petites réparations qui peuvent survenir pendant la marche.

§ 6. BATI. — La partie importante du bâti d'une locomotive est le châssis ; viennent ensuite les roues, les essieux, les boîtes à graisse de ces derniers.

Le châssis est, dans les locomotives, ce qu'est la plaque de fondation dans les machines à vapeur ordinaires. C'est un grand cadre rectangulaire composé de pièces de bois de chêne dont la section a 8 à 10 centimètres de large sur 20 de haut, recouvertes latéralement de plaques de tôle forte, de 1 centimètre d'épaisseur, sur toute leur hauteur. De 20 en 20 centimètres environ sont placés des couples de boulons répartis convenablement sur la hauteur et servant à relier les trois pièces ensemble. Aux angles, de forts équerres en fer, placés intérieurement et extérieurement, puis reliés également par des boulons, rendent les quatre côtés parfaitement solidaires les uns des autres.

Ainsi disposé, le châssis supporte la chaudière au moyen de six oreilles adaptées à cette dernière en trois points de chacune de ses faces latérales, savoir à la boîte à feu, à la partie cylindrique, à la boîte à fumée.

Sur le derrière, le châssis est recouvert d'une plate-forme en forte tôle servant d'emplacement au machiniste et au chauffeur ; cette plate-forme est surmontée latéralement de deux garde-fous en fer pour empêcher les accidents.

Le châssis est supporté sur les essieux des roues par l'intermédiaire de six ressorts en acier portant directement sur les boîtes à graisse.

Ces boîtes à graisse oscillent verticalement entre deux guides en fonte maintenus en place par des plaques en tôle de fer rapportées au châsssis et portant l'écrou des plaques de garde. Ces plaques de garde sont reliées les unes aux autres par des tirants en fer qui servent en même temps à consolider le châssis.

Cette disposition du châssis droit présente deux inconvénients, savoir :

Le premier, c'est que les roues d'avant et d'arrière étant plus petites que les roues motrices, il faut allonger beaucoup les plaques de garde pour aller recevoir les boîtes à graisse de leurs essieux, ou qu'il y ait assez de différence entre leur diamètre et celui des roues motrices pour qu'on puisse placer le châssis entre les essieux de manière à avoir les boîtes à graisse des petites roues en dessous et celles des roues motrices en dessus.

Le second, c'est que les plaques de garde ainsi rapportées ne présentent pas une grande solidité.

MM. *Sharp* et *Roberts*, de Manchester, ont les premiers entrepris de remédier à ces inconvénients en construisant leurs châssis courbes, c'est à-dire ondulés sur les faces latérales de manière à se trouver à la même hauteur au-dessus des essieux des roues motrices et des petites roues.

Cette modification dans la forme du châssis, qui changeait tout le travail de construction des plaques longitudinales, permit d'en exécuter une seconde, savoir la réunion en une seule pièce des plaques de garde et des plaques longitudinales.

Tant que les cylindres restèrent sous la boîte à feu, les châssis de MM. Sharp et Roberts furent considérés comme les meilleurs, et s'ils ne furent pas généralement adoptés, c'est qu'ils présentaient d'assez graves difficultés dans l'exécution.

Dans les nouvelles machines où les cylindres sont en dehors, on ne reconnaît, pour ainsi dire, plus le châssis. Il se trouve modifié si fortement à l'endroit de la transmission de mouvement que la construction a complétement changé.

On a néanmoins conservé ce qu'y ont introduit de bon MM. Sharp et Roberts, savoir le rapprochement des parties fortes du châssis aux essieux des petites roues, et les plaques de garde d'une seule pièce avec les plaques longitudinales.

Les manivelles se trouvant en dehors des roues motrices, il fallut supprimer l'appareil des boîtes à graisse de ce côté pour le reporter en dedans et à sa suite la portion du châssis qui porte dessus. On a donc aujourd'hui en quelque sorte deux châssis :

L'un intérieur composé de deux grandes traverses aboutissant d'une part à la caisse à feu, d'autre part à la boîte à fumée, et portant sur l'essieu moteur par l'intermédiaire de ressorts ;

L'autre extérieur portant sur les essieux des petites roues et enclavant dans son intérieur la transmission du mouvement, parce qu'il faut qu'il y ait liaison entre les portions de ce châssis existant de chaque côté des grandes roues.

Les roues se composaient naguère encore de bras en fer forgé soudés à une jante intérieure de un ou plusieurs morceaux et recouverte d'une jante en fer à rebord d'une seule pièce, posée à chaud et maintenue en place par des boulons rivés à chaud.

Nous voyons, dans les locomotives du chemin de fer du Nord, une modification à cette disposition qui, si elle réussit, amènera une grande économie dans la construction de ces pièces.

La jante se compose de deux cercles, dont l'un à rebord. Les bras non soudés à la jante, mais simplement assemblés à boulons rivés avec la jante inté-

Digitized by Google

rieure, sont composés de deux bandes de fer plat à nervure au milieu, formant par juxtà-position une pièce dont la section est une croix à quatre bras égaux.

Chacune de ces bandes de fer est courbée de manière à venir porter sur la jante, d'une part, et à avoir, d'autre part, ses extrémités noyées dans l'essieu en fonte coulé dessus.

Nous désirons vivement que ce nouveau mode de construction des roues soit couronné de succès. La seule chose que nous craignions, c'est la rupture des boulons rivés d'assemblage des jantes avec les portions des bandes formant les bras qui passent dessous ; car ce n'est pas sans motif que l'on a été amené à souder les bras aux jantes des roues.

Nous terminerons par quelques mots sur les boîtes à graisse. Ces boîtes se font tantôt en fonte, tantôt en cuivre, avec coussinets intérieurs généralement en bronze.

Le bronze est certainement le métal par excellence pour les coussinets, mais il exige l'emploi d'une quantité notable d'huile, sans quoi il ne tarde pas à s'échauffer et à gripper.

Dans quelques locomotives, on a tenté d'employer des coussinets en fonte, genre de coussinets qui prennent tous les jours de l'extension dans les machines fixes. Nous ignorons s'ils ont donné de bons résultats ; mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils consomment moins d'huile que les autres et ne grippent jamais.

Aujourd'hui ce que l'on cherche avant tout dans les machines, c'est de graisser le moins possible ; on a enfin reconnu que le graissage entraîne avec lui un très grave inconvénient, savoir la formation d'une crasse qui, durcissant tous les jours, rend très pénible le nettoyage des parties intérieures. Les coussinets en fonte sont un des moyens d'arriver à peu graisser, et notre avis est qu'on doit les employer autant que possible jusqu'à temps qu'il soit bien démontré qu'ils ne valent rien, résultat peu probable et contraire à tous ceux qui ont été obtenus jusqu'ici.

LUMIÈRE. Les phénomènes de la lumière paraissent dus à la vibration d'un fluide impondérable, et leur étude constitue l'*optique* qui n'entre pas dans le cadre de notre ouvrage, de sorte que nous n'aurons que peu de mots à dire à ce sujet.

La vitesse de propagation de la lumière est considérable : les observations des éclipses des satellites de Jupiter nous ont appris que cette vitesse était de près de 70,000 lieues par seconde.

L'intensité de la lumière est en raison inverse de la distance, ce qui fournit un moyen simple de comparer les pouvoirs éclairants des lampes, des bougies, des becs de gaz, etc. Il suffit de recevoir sur un fond blanc un écran en toile, par exemple, les ombres portées par un même objet, une tige mince, éclairée par les deux lumières ; l'une d'elles demeurant fixe, on rapproche ou on éloigne l'autre jusqu'à ce que les deux ombres aient la même intensité : pour mieux les comparer, on a soin de placer les deux lumières de telle sorte que les deux ombres se touchent. Les intensités des deux lumières sont alors en raison inverse du carré de leur distance à l'écran.

La lumière en arrivant sur les corps se réfléchit à leur surface ou les traverse ; dans ce dernier cas on dit qu'il y a réfraction. Lorsqu'il y a réflexion, le rayon réfléchi et le rayon incident font des angles égaux avec la normale, et ces trois directions sont dans le même plan. Lorsqu'il y a réfraction, le rayon incident, le rayon réfracté et la normale au point d'incidence sont encore dans le même plan, et les sinus des angles que font ces deux rayons avec la normale, au lieu d'être égaux, comme dans le cas précédent, ont entre eux un rapport constant, qui varie avec la nature des milieux que traversent les rayons lumineux. Certains corps jouissent d'une double réfraction, c'est-à-dire qu'un rayon lumineux se divise en les traversant en 2 rayons différents, mais qui suivent chacun la loi ci-dessus.

En partant de ces deux lois démontrées par l'expérience, on arrive aisément à trouver les propriétés des miroirs et des lentilles, sur l'application desquels nous reviendrons au mot PHARE.

LUT. Voyez CIMENT.

LYCOPODE. La poudre de lycopode est très inflammable, ce qui la fait employer dans les pièces d'artifices et particulièrement sur les théâtres pour imiter les éclairs, en l'agitant avec un soufflet à travers la flamme d'une chandelle.

M

MACARONI. Voyez AMIDON.

MACHINE A VAPEUR. Avant d'entrer dans le détail des machines à vapeur telles qu'elles sont employées de nos jours, il est bon de jeter un coup d'œil sur leur origine et sur les différentes phases par lesquelles elles ont passé pour arriver au degré de perfection qu'elles ont atteint.

PREMIÈRE PARTIE.

DESCRIPTION HISTORIQUE DES MACHINES A VAPEUR.

Si l'on voulait décrire toutes les machines dans lesquelles la vapeur d'eau sert de moteur, il faudrait certainement commencer par celle de Héron, d'Alexandrie (pl. 1, fig. 1 et 2) (120 ans avant Jésus-Christ). Mais comme ce moteur est un éolipile à réaction, et qu'il ne se rapproche pas le moins du monde des machines à vapeur actuelles, nous n'en parlerons pas.

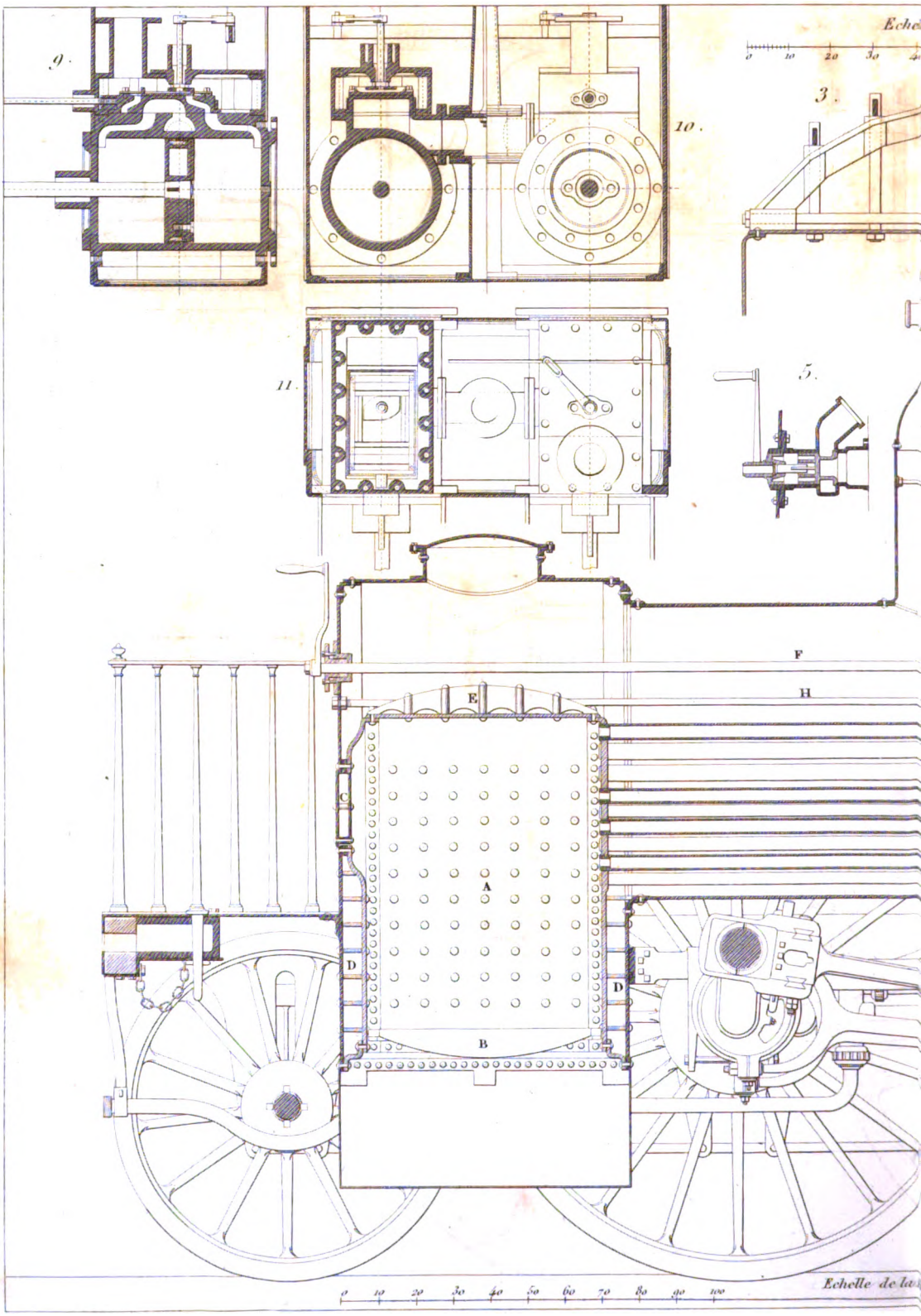
D'après un document des archives de Simancas, en Espagne, il semblerait qu'en 1543, un capitaine de vaisseau, nommé Blasco de Garay, aurait appliqué la vapeur à faire mouvoir un navire ; mais ce document ne donnant aucun détail sur la nature de la machine, tout porte à croire, comme l'a fait remarquer M. Arago, dans sa notice sur les machines à vapeur, que ce moteur n'était que l'éolipile décrit dans les œuvres de Héron d'Alexandrie.

Le premier homme auquel on doit, sans contredit, l'emploi de la vapeur d'eau comme force motrice, est Salomon de Caus. Cet habile ingénieur décrivit, en 1615, dans son ouvrage intitulé : *Les raisons des forces mouvantes avec diverses machines, tant utiles que plaisantes*, une machine, au moyen de laquelle « l'eau monte plus haut que son niveau. » C'est ainsi que s'exprime Salomon de Caus. « Le troisième moyen de faire monter l'eau est par l'aide du feu dont il se peut faire plusieurs machines.

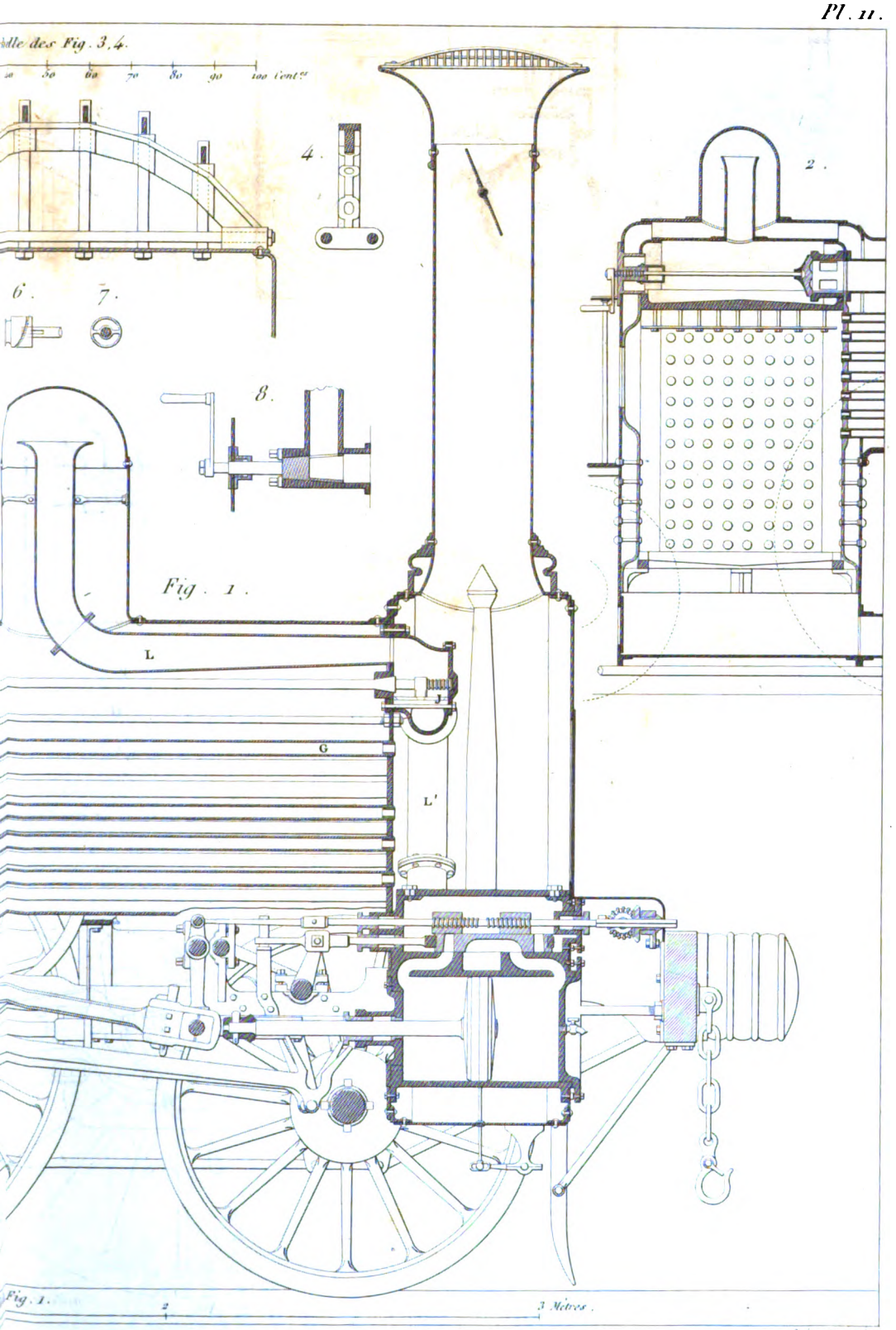
« Je donne la démonstration d'une balle de cuivre (pl. 1, fig. 3), marquée A, bien soudée, sur laquelle il y aura un soupirail marqué D, par où l'on mettra l'eau, et aussi un tuyau marqué B C, qui sera soudé

Digitized by Google

Digitized by Google



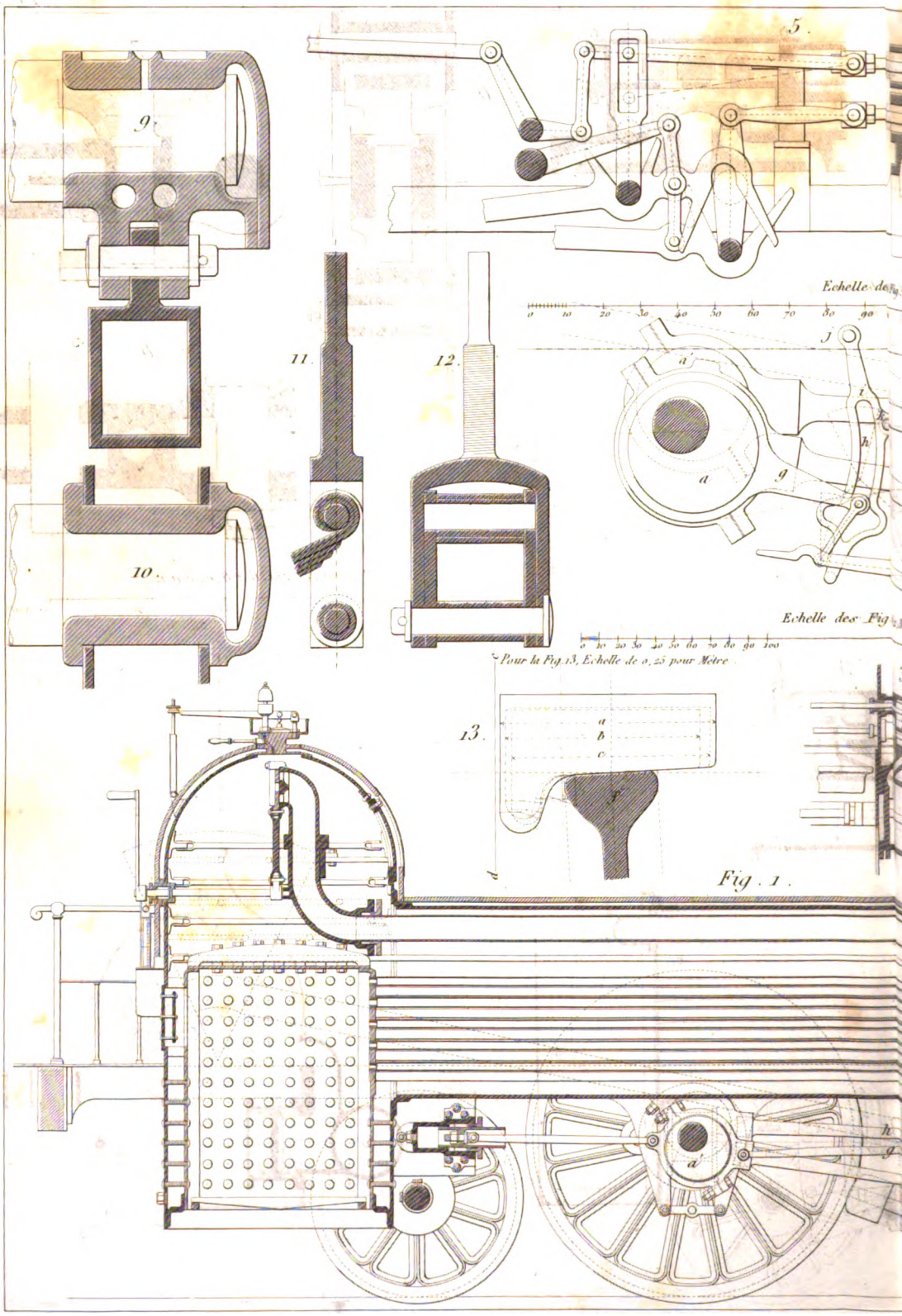
Digitized by Google



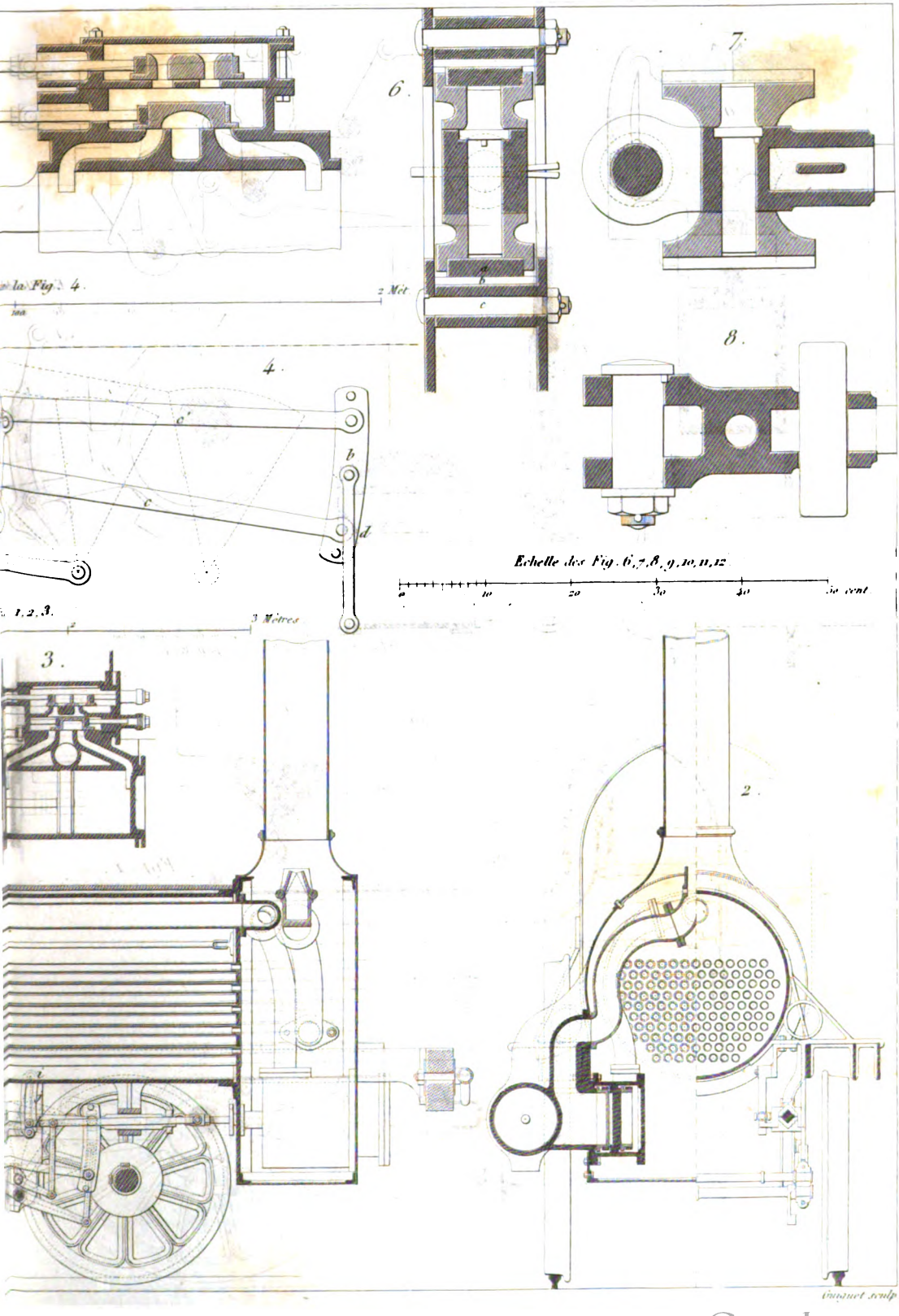
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

en haut de la balle, et le bout C approchera près du fond sans y toucher; après faut emplir ladite balle par le soupirail, puis le bien reboucher et le mettre sur le feu; alors la chaleur donnant contre ladite balle fera monter toute l'eau par le tuyau B C. »

Pour expliquer l'action de la vapeur dans cette machine il ajoute plus loin: « C'est la violence de la vapeur produite par l'action du feu, et provenue de ladite eau, qui cause l'eau de monter; laquelle vapeur sortira après que l'eau sera sortie par le robinet avec grande violence. »

Le marquis de Worcester, auquel les Anglais accordent l'honneur de l'invention de la première machine où la vapeur d'eau servit de moteur, ne fit qu'émettre de nouveau l'idée de Salomon de Caus en 1663. Comme le premier, il ne fit pas construire sa machine, qui consistait en deux vases se remplissant successivement (pl. 1, fig. 4). Ce ne sont, à proprement parler, que deux appareils de Salomon de Caus, agissant l'un après l'autre.

De 1690 à 1695, Denis Papin développa l'idée qu'il avait conçue de la première machine atmosphérique : elle se composait d'un cylindre dans lequel jouait un piston. Ce cylindre vertical (pl. 1, fig. 5) était ouvert à sa partie supérieure et fermé à sa base, mais dans l'intérieur de celle-ci une soupape permettait successivement l'entrée et la sortie de l'air, de sorte que si on laissait les deux faces du piston exposées à la pression de l'atmosphère, le piston pouvait être soulevé par une force légèrement supérieure à son poids.

Supposez actuellement que par un moyen quelconque on fasse le vide sous le piston, il se trouvera pressé par une force égale au poids d'une colonne d'eau de 10 mètres ayant pour base la surface du piston.

La difficulté consistait donc simplement à faire le vide dans le corps de pompe; le premier moyen qui vint à l'esprit inventif de Papin fut d'employer une pompe aspirante, mise en mouvement par un cours d'eau. Il aurait lié la machine à la pompe par un tuyau continu, c'était, disait-il, « un moyen de transporter fort loin la force des rivières. » Cette méthode, qui n'était qu'un moyen de communication de force vient tout récemment d'être mise, pour ainsi dire, à exécution dans une nouvelle invention, comme on peut le voir à l'article CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE. Ayant rencontré de grandes difficultés, il pensa à faire le vide dans le cylindre au moyen de la poudre, mais malgré toutes les précautions qu'il put prendre dans les expériences, le résultat indiqua une perte de force de plus de moitié. C'est alors qu'il jeta les yeux sur la vapeur d'eau pour effectuer le vide sous le piston. Voici comment il s'exprime à cet égard : « Comme l'eau a la propriété, étant par le feu changée en vapeur, de faire ressort comme l'air, et ensuite de se recondenser si bien, *par le froid*, qu'il ne lui reste plus aucune apparence de cette force de ressort, j'ai cru qu'il ne serait pas difficile de faire des machines dans lesquelles par le moyen d'une chaleur médiocre, et à peu de frais, l'eau ferait ce vide parfait qu'on a inutilement cherché par le moyen de la poudre à canon. » Dans les expériences qu'il fit alors, il plaçait l'eau dans le corps de la pompe lui-même, échauffait cette eau et la vaporisait, en plaçant un foyer sous le cylindre, puis il effectuait la condensation en retirant le feu.

Le cylindre dont il se servait avait six pouces de diamètre, chaque oscillation durait un quart de minute, et il soulevait 60 livres d'une quantité égale à celle qui mesurait la course du piston. Papin indique que par des moyens simples on peut transmettre ce mouvement à une tige de pompe, ou bien le transformer en un mouvement de rotation; mais il ne s'explique pas sur ces moyens.

En 1698, le capitaine Savery, empruntant à Salomon de Caus sa machine, eut l'idée de séparer la formation de la vapeur du vase contenant l'eau à élever, et en outre, utilisant l'idée de Papin, qui consistait à faire le vide par le refroidissement de la vapeur, il alimentait la sphère d'eau en la refroissant lorsqu'elle était vide, et, par ce moyen, aspirait l'eau d'un réservoir placé à moins de 9 ou 10 mètres au-dessous de la sphère (pl. 1, fig. 6). Le refroidissement se faisait au moyen d'eau froide que l'on projetait sur les parois du vase. Au moyen de cette machine on pouvait élever l'eau à une hauteur quelconque, mais la résistance des vases devait croître en proportion de la hauteur à laquelle devait monter l'eau, ce qui pouvait occasionner de graves accidents par la rupture des vases.

Cette machine, outre l'inconvénient que nous venons de signaler, avait encore le désavantage de dépenser les 11/12 de la vapeur produite à cette fin d'échauffer les parois du vase et l'eau qu'il contenait avant de l'élever; ce qui n'est pas un défaut dans le seul cas où l'eau doit être échauffée plus tard, comme, par exemple, pour alimenter des chaudières de bains; aussi M. Manoury d'Ectot a-t-il cherché à perfectionner la machine de Savery pour l'employer dans de semblables circonstances; et pour diminuer la perte de vapeur condensée que nous venons de mentionner, il proposa de recouvrir la surface de l'eau d'un flotteur, qui empêcherait le contact immédiat de la vapeur avec l'eau. Malgré les désavantages de la machine de Savery, elle fut employée utilement à élever l'eau à une hauteur de 65 mètres, la pression de la vapeur étant de six atmosphères.

Nous allons actuellement nous occuper de la première machine qui ait réellement rendu des services à l'industrie; c'est la *machine de Newcomen* ou *machine atmosphérique*.

En 1705, Newcomen, forgeron du Devonshire, connaissant le digesteur de Papin et la condensation de la vapeur par l'eau froide de Savery, conçut l'idée d'établir une machine basée sur ces deux principes, et voici en quoi consistait son appareil (pl. 1, fig. 7). Un corps de pompe, fermé par en bas et ouvert par en haut, contenait un piston armé d'une tige; un autre cylindre enveloppait celui-ci, et avait pour effet de contenir l'eau servant à refroidir la vapeur de manière à la condenser; le refroidissement se communiquait peu à peu à toute l'épaisseur du métal, et atteignait bientôt la vapeur elle-même. Quant au jeu de la machine, il était le même que celui du digesteur de Papin; seulement la vapeur arrivant dans le cylindre, était formée par des chaudières placées à part dans des foyers.

A cette époque où l'art de construire de semblables machines était encore dans l'enfance, il était très difficile d'avoir des cylindres ou corps de pompes bien alésés, de telle sorte qu'il n'y eût pas de fuite entre leurs parois et celles du piston. Aussi, pour remédier à cet inconvénient, les auteurs (Newcomen, Tarweg et Savery) recouvrirent leur piston d'une couche d'eau qui pénétrait dans tous les vides et les remplissait. Un jour qu'une machine de cette espèce fonctionnait devant les inventeurs, ils virent avec surprise le piston descendre plusieurs fois de suite beaucoup plus vite que de coutume. Cet effet était d'autant plus étonnant, que, d'après le procédé qu'ils employaient, la vapeur ne pouvait se condenser que lentement. En recherchant la cause de ce mouvement plus rapide, ils remarquèrent que cela provenait de ce qu'une petite ouverture pratiquée dans le piston laissait tomber l'eau goutte à goutte à l'intérieur du cylindre, et que cette eau divisée condensait la vapeur plus rapidement. Appliquant de suite ce moyen à leurs machines, ils supprimèrent le cylindre enveloppant, et le remplacèrent par une pomme d'arrosoir lançant l'eau, dans le corps de pompe, en une gerbe très divisée. Ce fut une importante amélioration, puisqu'elle détermina une plus grande rapidité dans la marche du piston.

Digitized by Google

Cette machine présentait sur celle de Savery d'immenses avantages : 1° l'eau qu'on élevait n'avait pas besoin d'être échauffée; 2° la tension de la vapeur ne devant être que faiblement supérieure à celle de l'atmosphère, on n'était pas forcé de faire des vases très résistants; on n'en craignait plus la rupture; 3° le piston ayant un mouvement de va-et-vient, on pouvait le communiquer à toute espece de machine.

Voici comment était organisé l'appareil. La vapeur arrivait directement à la partie inférieure du cylindre par un tuyau vertical fermé par un robinet; un autre tuyau se terminant dans le corps de pompe par une pomme d'arrosoir aboutissait, à son autre extrémité, à un réservoir d'eau froide. Lorsqu'on voulait mettre la machine en mouvement, on fermait le robinet d'eau froide et on ouvrait celui de la vapeur; le piston arrivé au haut de sa course, pour le faire descendre, il suffisait d'ouvrir le robinet d'eau froide et fermer celui de la vapeur. Un enfant était chargé du soin de faire mouvoir ce robinet. Un d'eux, nommé Humphry Potter, contrarié de ne pouvoir jouer avec ses camarades, imagina d'attacher les extrémités de deux ficelles aux manivelles des robinets, les autres extrémités étant liées au balancier. Les tractions que celui-ci occasionnait, en montant et descendant, remplaçaient les efforts de la main. L'ingénieur Breighton perfectionna cette idée, en fixant au balancier des tiges verticales en bois. Ces tiges, armées de chevilles, venaient alternativement ouvrir et fermer les robinets ou soupapes.

Dans le principe, le système de Newcomen n'était appliqué qu'au mouvement de va-et-vient; on essaya de le transformer en mouvement de rotation; c'est à quoi l'on parvint en liant la tige du piston à une succession de roues tournantes, mais il fallait employer un système de roues à rochet. Papin, voyant le défaut de continuité dans l'action de la machine atmosphérique, proposa, pour que la roue ne marchât pas par secousses trop brusques, d'agir sur le balancier à l'aide des tiges de deux ou plusieurs pistons appartenant à des corps de pompe distincts, et disposés de maniere que la tige du premier descendît pendant que l'autre monterait, et réciproquement. Cette idée est précisément celle de la machine à double effet, mais agissant dans deux cylindres différents. Pour régulariser le mouvement, Kean-Fitzgérald imagina le volant.

Cette machine atmosphérique ne doit être employée que dans les lieux où l'on peut sans inconvénient dépenser une immense quantité de charbon sans valeur, tel que dans les mines de houille, où le menu ne trouve pas de débouchés.

L'effet utile théorique de ces machines, est égal à la surface multipliée par le poids d'une colonne d'eau de 10 mètres, c'est-a-dire par la pression atmosphérique; mais en pratique, l'effet utile réel n'est que les 0,45 de ce produit. Nous ne nous étendrons pas davantage sur la machine de Newcomen, son usage étant très restreint. Cependant, afin que l'on puisse comparer cette machine à celles que nous décrivons plus loin, nous donnerons quelques résultats moyens. Ainsi dans ces machines, l'effet utile produit par la combustion d'un kilogramme de charbon est de $24,000^{k.m}$; la quantité de charbon brûlé par heure et par force de cheval est de 13^{k}; enfin, la tension moyenne de la vapeur, 1 at., 15. (Voyez VAPEUR pour l'effet théorique des combustibles.)

Nous allons passer en revue les différentes machines perfectionnées et inventées par Watt, qui fut dans sa jeunesse fabricant d'instruments de mathématiques à l'université de Glasgow. Cet habile mécanicien ayant appris, par des expériences et les communications du docteur Black, quelle grande quantité de chaleur latente était absorbée par l'eau pour se vaporiser, remarqua que la machine de Newcomen exigeait pour marcher avec avantage deux conditions, qui dans le mode de construction de la machine se détruisaient l'une l'autre : 1° à l'instant où le mouvement descendant du piston commence, il devrait y avoir un vide parfait sous le piston; 2° quand le mouvement ascendant s'effectue, la vapeur de l'eau devrait ne pas perdre de sa force élastique.

La première condition exige de refroidir les parois du cylindre, et la seconde, qu'ils conservent leur température.

Watt, pour satisfaire en même temps aux deux nécessités, imagina de condenser la vapeur hors du cylindre par un procédé semblable à celui de Newcomen; c'est sans contredit la plus belle invention de Watt. Ce condenseur consiste en un réservoir où l'eau se précipite en gerbe divisée, de manière à liquéfier la vapeur. L'esprit inventif de Watt ne s'arrêta pas là, il fallait ensuite enlever à mesure la vapeur liquéfiée, l'eau servant à la condensation, enfin l'air provenant de la vapeur et contenu dans l'eau échauffée, qui nuisaient au mouvement de la machine; c'est à quoi il parvint, en adjoignant au condenseur une pompe, qu'à cet effet il appela pompe à air, et qui est mise en mouvement par le balancier lui-même de la machine.

Pour attenuer autant que possible le refroidissement du cylindre, occasionné par l'air qui venait en frapper la face intérieure quand le piston descendait, Watt imagina de fermer le cylindre par en haut, par une boite à étoupes permettant seulement à la tige du piston de glisser librement sans laisser passer la vapeur, et d'employer la force élastique de celle-ci au lieu de celle de l'atmosphère pour faire descendre le piston, l'attirail de la pompe servant ensuite à soulever ce dernier.

Voici quel est le jeu de la machine (pl. 1, fig. 8) : supposons le piston au haut de sa course, la vapeur arrivant de la chaudière C par le tuyau T, la soupape S étant ouverte et la soupape S' fermée; la vapeur pénetre au-dessus du piston, et le vide étant fait au-dessous, celui-ci tend à descendre par la pression de la vapeur. Lorsque le piston est au bas de sa course, ouvrant la soupape S' et fermant la soupape S, la vapeur cesse d'agir; mais celle qui vient de faire descendre le piston se porte au-dessous de celui-ci et dans le condenseur, de manière que la pression étant la même au-dessus et au-dessous du piston, ce dernier remonte, entraîné par l'attirail des pompes fixé à l'autre extrémité du balancier.

La condensation se fait au moyen de l'eau froide, partant de la bâche B et passant dans le tuyau T par le syphon D, qui la précipite au devant de la vapeur, afin de la liquéfier au moment de son arrivée. Enfin cette eau, échauffée par la condensation, la vapeur condensée et l'air provenant de la vapeur et de l'eau échauffée, est à chaque coup de piston expulsée par la pompe à air P, puis de là elle est transportée par la pompe P' aux chaudières; cette pompe P' s'appelle *pompe d'alimentation des chaudières*. Ces deux pompes sont mises en mouvement par le balancier auquel leurs tiges sont adaptées. Le transport de cette eau échauffée dans la chaudière est d'un très grand avantage, car elle y parvient déjà avec une température de 40°; par conséquent le calorique qu'il faudrait dépenser pour l'élever à cette température est déjà une économie. L'affluence de l'eau réfrigérente par le syphon D, est réglée par une soupape mise en mouvement par le mécanisme de la machine, soupape qui s'ouvre et se ferme à chaque pulsation du corps de pompe.

L'effet utile de cette machine, soit pendant la montée, soit pendant la descente du piston, serait $T\,S\,L\left(1-\frac{T^1}{T}\right)$. D'après la théorie, si nous appelons T la tension de la vapeur dans la chaudière, c'est-à-dire la pression par centimètre carré, T^1 la tension dans le condenseur, tension qui dans les meilleures machines varie de 1/10e à 1/5e d'atmosphère; S la surface du

Digitized by Google

piston et L la longueur de sa course. Mais en pratique, l'effet est beaucoup diminué par les frottements du piston et de sa tige, par les pertes de vapeur, enfin par la puissance développée pour mettre en mouvement les pompes à air et d'alimentation, de sorte qu'on est obligé d'ajouter à cette formule des coefficients constants qui dépendent de la puissance de la machine, coefficients que nous indiquons dans le tableau suivant :

Force des machines en chevaux.	Valeur du coefficient pour des machines :	
	En très bon état d'entretien.	En état ordinaire d'entretien.
4 à 8	0,50	0,49
10 à 20	0,56	0,47
30 à 70	0,60	0,54
60 à 100	0,65	0,60

Pour des machines marchant à une tension moyenne de 1 at., 2, l'effet utile par kilogr. de charbon brûlé est de 38,000^{km} et la quantité de charbon brûlé par heure et par force de cheval est 7 kilogr.

Si les machines à vapeur n'avaient dû jamais s'employer que pour l'extraction des eaux, la machine à simple effet, où la vapeur agit uniquement pendant la course ascendante ou descendante du piston, eût été parfaite, mais Watt, sentant la nécessité d'appliquer ce moteur à des travaux continus, eut la pensée de faire agir un seul corps de pompe de manière à obtenir l'effet que Papin produisait avec deux appareils de Newcomen. Pour effectuer son idée, il composa la machine à double effet dans laquelle il fait agir la vapeur alternativement au-dessus et au-dessous du piston. On parviendrait aisément à ce résultat au moyen de quatre robinets, mais il est plus simple d'employer *le tiroir* que Watt imagina.

Le cylindre moteur C (pl. 1, fig. 9) est enveloppé d'un autre cylindre C' ayant même axe; entre ces deux cylindres circule la vapeur venant de la chaudière, ce qui s'oppose au refroidissement des parois du cylindre moteur par le contact de l'air. La vapeur se rend ensuite dans un vide compris entre le tiroir T et le cylindre creux C'' où se meut la pièce T, qui occupe dans la figure la position la plus élevée, de sorte que la vapeur se rend au-dessus du piston, le dessous de celui-ci étant en communication avec le condenseur R. A la fin de la course du piston au moyen d'un excentrique lié à l'arbre du volant, la tige D tire le tiroir et l'amène à sa position la plus basse, de manière que le dessus du piston se trouve à son tour en communication avec le condenseur et le dessous avec la vapeur. La tige *k* fait mouvoir la pompe à air qui est mise en mouvement par le balancier. Deux autres pompes sont encore mues par le balancier, ce sont : la pompe d'alimentation des chaudières, et celle d'alimentation de la bâche d'eau froide. Dans ces machines le jet d'eau de condensation devant être continu, n'est plus réglé par une soupape, mais par un robinet.

Il restait à transformer le mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu; ne pouvant employer la manivelle qu'il avait inventée, mais dont un autre avait pris le brevet, Watt imagina *la mouche* (pl. 1, fig. 10) ou roue *solaire et planétaire* jusqu'à ce que le brevet fût expiré et qu'il pût adapter la manivelle à ses machines. Le grand avantage de la manivelle est de supprimer toute espèce d'engrenage et de faire correspondre une très faible vitesse dans le mouvement vertical vers les points les plus bas de son mouvement c'est-à-dire au point de changement de sens du mouvement alternatif du piston et du balancier, ce qui diminue beaucoup la perte de force occasionnée par les frottements et le changement de direction.

La plus grande difficulté qu'il restait à vaincre était de lier d'une manière fixe la tige du piston et l'extrémité du balancier, en conservant toutefois à la tige du piston une marche rectiligne, c'est à quoi Watt parvint encore au moyen du *parallélogramme articulé* que nous décrivons plus loin (pl. 1, fig. 11). Deux parallélogrammes égaux et parallèles embrassent le balancier de part et d'autre de ses faces verticales, ceux-ci articulés à chacun de leurs angles sont reliés par des pièces de fer horizontales. La tige du piston est traversée par celle qui lie les deux angles B. Deux sommets A et D de ces parallélogrammes sont situés sur l'axe de géométrie AE du balancier, et le quatrième C est guidé par une ou deux tiges FC, nommées *brides* et tournant autour du centre F, fixé de façon que B se meuve sensiblement dans une même verticale.

On ne peut arriver ainsi au mouvement rectiligne rigoureux, mais on peut faire en sorte d'obtenir une déviation qui ne dépassera pas 2 ou 4 millimètres. La courbe que décrit le point B se présente sous la forme d'un S dont les deux renflements s'écartent symétriquement de part et d'autre de la ligne qui passe par les positions extrêmes et moyennes.

Quelquefois pour plus de simplicité on supprime le parallélogramme, et l'on n'établit que sa diagonale et la bride. Cette dernière est articulée à l'extrémité de la diagonale, tandis que la tige du piston est attachée en un point de cette diagonale. Les conditions qu'il faut remplir pour s'écarter le moins possible de la verticale, sont : 1° que la direction de la tige du piston divise en deux parties égales la distance de la corde à l'axe décrit par l'extrémité du balancier; 2° que la corde (c'est-à-dire la course du piston) ne dépasse pas la moitié ou les deux tiers du rayon du cercle; 3° que le point d'attache soit sur la position horizontale du rayon du balancier quand celui-ci est au sommet de sa course; 4° que l'horizontale divise l'angle donné par les positions extrêmes du balancier en deux parties égales.

Dans les machines à double effet, soit que l'action s'exerce en descendant, soit qu'elle s'exerce en montant le travail produit pendant la course du piston, est représenté par la même formule que dans les machines à simple effet et les coefficients constants sont les mêmes, seulement nous remarquerons que la dépense en charbon par heure et par force de cheval est un peu plus forte, c'est-à-dire de 7^{k},50, et que l'effet utile par kilogramme de charbon brûlé dépasse rarement 38,500^{km}.

Toutes les machines que nous avons considérées plus haut, comme employées aux épuisements, indiquent, comme dans la moyenne que nous venons de citer, que la dépense en charbon est très forte, tandis que l'effet utile par kilogramme de charbon est faible. Mais lorsqu'on applique cette dernière machine à des travaux qui n'offrent pas de résistances passives, d'intermittences de travail et de pertes comme celles qu'occasionnent les pompes, on obtient des résultats beaucoup plus avantageux; ainsi, l'effet utile par kilogramme de houille varie de 55,000 à 45,000^{km}, suivant le plus ou moins bon état d'entretien de la machine, et 5 à 6 kilogr. de charbon brûlé par heure et par force de cheval. Watt ayant remarqué que, dans sa machine où la vapeur agissait en plein, la pression constante et la force vive acquise par le mouvement donnaient au piston une vitesse accélératrice, eut l'idée de profiter de cette accélération de mouvement pour dépenser une moins grande quantité de vapeur, en utilisant encore la puissance que peut développer la vapeur en se dilatant. Cependant on doit remarquer que ce mécanicien n'employa pas la détente sur une grande échelle et n'y eut recours dans les machines qu'il fit construire à Soho que pour rendre le mouvement du piston à peu près uniforme.

Digitized by Google

Examinons quel doit être le jeu de la machine, supposons que l'on ferme la communication du corps de pompe avec la chaudière avant que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, celui-ci continuera à marcher en vertu de la vitesse acquise et surtout de l'action que la vapeur déjà introduite continuera à exercer. Cette action deviendra de moins en moins forte pendant le reste du mouvement du piston, attendu que la vapeur se dilatera graduellement, et qu'à mesure qu'elle occupera des espaces plus grands, son élasticité, comme celle de tous les gaz, s'atténuera. En faisant agir la vapeur en plein pendant un espace déterminé convenablement, il n'y aura pas d'accélération qui donne lieu à des chocs et par conséquent à des ébranlements nuisibles à la stabilité de l'appareil.

Dans les machines à détente et à condensation employées dans les travaux continus, la quantité de charbon brûlé par heure et par force de cheval est de 4 à 5 kilog., et l'effet utile par kilog. de houille brûlée de 90,000 à 100,000 kilog.-mét.

Nous venons de voir que Watt avait utilisé la détente de la vapeur pour régulariser la marche du piston de la machine. Plus tard Woolf pensa à utiliser la détente dans une forte proportion, pour tirer un meilleur parti de la puissance motrice de la chaleur, tout en évitant de trop grandes irrégularités dans la force motrice. Les machines qu'il inventa ne diffèrent de celles de Watt qu'en ce qu'elles se composent de deux cylindres moteurs distincts; dans l'un d'eux, la vapeur agit tout à fait en plein à la pression de 3 à 4 atmosphères; et dans l'autre elle n'exerce d'effort que par sa détente en sortant du premier cylindre. Pour produire cet effet, on fait communiquer le dessous du piston du premier cylindre avec le dessus du second cylindre, *et vice versâ*, le cylindre à détente communiquant seul avec le condenseur.

Dans les machines à deux cylindres, on donne au corps de pompe où se fait la détente un diamètre plus grand qu'à celui dans lequel la vapeur agit en plein, afin qu'il n'y ait pas lieu de trop augmenter la course du second piston. Woolf indiquait d'envelopper les cylindres d'un troisième et de faire circuler la vapeur dans ce dernier, afin d'écarter les corps de pompe moteurs du contact de l'air; disposition dont de récentes expériences ont démontré tous les avantages. La limite de la détente est ordinairement de trois fois le volume primitif de la vapeur.

Le calcul de l'effet utile est ici absolument le même que celui des machines à détente considérées plus haut; seulement, comme le système est plus compliqué, il donne lieu à de plus grands frottements, et alors les coefficients sont un peu plus faibles que pour les précédentes. En outre, ces machines, d'un heureux emploi lorsque le mouvement doit être continu, donnent, quand on les applique aux épuisements, des résultats peu avantageux en comparaison de celui des machines de Watt, plus simples et plus grandes, en usage dans les mines de Cornouailles, puisqu'elles donnent un effet utile de 33,000 ^{km}. par kilog. de charbon brûlé, et consomment au-delà de 8 kilog. de charbon par heure et par force de cheval. Tandis que lorsqu'on les applique à faire marcher des appareils à effort continu, elles donnent 100,000 ^{km}. d'effet utile et ne brûlent pas plus de 4 kilogrammes par heure et par force de cheval.

Il nous reste encore à parler des machines à haute pression. Elles ne diffèrent des machines décrites jusqu'ici qu'en ce qu'elles agissent à une tension de 4 à 7 atmosphères. Elles ne sont employées, comme machines stationnaires, que dans les ateliers où l'on se trouve restreint par l'espace et par le prix d'acquisition, où la machine doit être légère et où l'on manque d'eau fraîche pour alimenter le condenseur qui en consomme évidemment une grande proportion. Ces machines se composent simplement de la chaudière, du cylindre, du piston et du tiroir ou des soupapes. Généralement la vapeur y agit en plein pendant toute la course du piston. Cependant quelques machines ont été modifiées et ont reçu l'application de la détente. Le piston ne peut plus, comme pour les machines à basse pression, être garni d'étoupes. Il doit être métallique, ce qui est désavantageux à cause de l'usure du cylindre qui en résulte.

Toutes les machines que nous avons examinées jusqu'ici exigent un balancier, qui souvent est nuisible par l'emplacement qu'il occupe et par la force que ses frottements absorbent, aussi plusieurs constructeurs ont-ils cherché les moyens de se dispenser de son emploi. Les machines que l'on construisit à cet effet furent d'abord oscillantes et ne diffèrent que par la position du point de suspension et le mode de distribution de la vapeur. La première idée des machines oscillantes est due à M. Manby, et date de 1817. M. Cavé vint ensuite la perfectionner. D'abord on les fit mobiles par le milieu de leur hauteur, puis tantôt par le sommet, tantôt par le bas du cylindre.

Après avoir essayé plusieurs genres de distribution pour ces machines, on a reconnu que la distribution par tiroir et excentrique était, comme pour les autres systèmes, la meilleure et la plus simple.

Dans les machines de M. Leloup, la distribution se fait simplement par des orifices disposés convenablement dans l'axe de rotation.

On s'est aussi affranchi de l'emploi du balancier dans les machines fixes; les appareils construits à cet effet par MM. Imbert, Moulfarine, Meyer, Trésel peuvent, par leur simplicité, rentrer en parallèle avec les machines oscillantes. Cependant la machine qui, dans ce principe, nous paraît la plus simple, et que nous appellerons un rouet à vapeur, est de M. Delaveley (Auguste) de Dijon. Elle consiste simplement en un cylindre fixe vertical dont la tige du piston porte une pièce horizontale qui glisse dans des coulisses, et à l'extrémité de laquelle est articulée une bielle qui va faire mouvoir la manivelle d'un arbre à volant qui passe sous le cylindre de la machine. Toutes ces machines oscillantes et fixes, sans balancier, sont à double effet, à haute pression, avec ou sans détente, et peuvent recevoir un condenseur.

On a cherché et on cherche encore le moyen de simplifier la machine à vapeur, en construisant des machines rotatives.

L'origine de ces machines est presque aussi ancienne que la machine à vapeur elle-même; car, dès 1629, on cherche à utiliser un jet de vapeur comme on employait l'eau, c'est-à-dire pour faire tourner un arbre, en faisant frapper le jet de vapeur sur les palettes d'une roue adaptée à cet arbre. Ce système a presque été renouvelé de nos jours dans une nouvelle machine de ce genre, plus avantageuse que la première, et dans laquelle la vapeur d'eau agissait, comme dans les turbines, à grande vitesse et faisait appel d'une colonne d'air qui venait augmenter la masse de la vapeur. Mais, dans ces machines, il y avait une perte énorme de force due surtout à l'expansion en tous sens de la vapeur libre. On a aussi essayé de profiter de la vapeur, comme pression, sur des pistons se mouvant circulairement dans des espaces annulaires. L'illustre inventeur des machines à double effet, Watt lui-même, exerça son intelligence à construire une de ces machines; elle consistait, comme on le voit dans la fig. 12 planche 1, en un cylindre creux traversé par un axe mobile dans des boîtes à étoupes; à cet axe était adaptée une palette P, contre une face de laquelle la vapeur venait sans cesse presser, tandis que l'autre était, au contraire, toujours en communication avec le con-

Digitized by Google

denseur. Lorsque le piston est arrivé sur la valve V par l'effet de sa vitesse acquise, il l'ouvre en la faisant tourner autour de la charnière G, et lui fait occuper la position G S; enfin, le piston P étant arrivé dans la position qu'il occupe dans la figure, la vapeur presse la valve V, la ramène dans sa position ordinaire, et le mouvement continue.

En 1798, M. Hornblowers inventa une machine de ce genre, plus avantageuse que celle de Watt, mais beaucoup plus compliquée, et par conséquent plus coûteuse et plus difficile à maintenir dans un bon état d'entretien. Cette machine (pl. 1, fig. 13) se composait de trois parties pouvant tourner indépendamment les unes des autres; ce sont : la partie A, communiquant avec les chaudières; celle B, communiquant avec le condenseur; enfin, l'axe portant le volant, et servant à transmettre le mouvement. Ce dernier était successivement entraîné par la partie communiquant avec le condenseur, et par celle communiquant avec la chaudière, des rochets servant à les lier par l'action du frottement.

En 1799, M. Murdock inventa une nouvelle machine rotative (pl. 1, fig. 15), plus simple que la précédente, et qui consistait en deux roues dentées, sur les dents desquelles venait sans cesse presser la vapeur, tandis que l'autre côté de la dent était en communication avec le condenseur.

Stiles a construit aux États-Unis une machine rotative faisant mouvoir un vaisseau, et plus simple que les précédentes; elle se compose d'une boîte à vapeur A B (pl. 1, fig. 16) fixe, cylindrique, de 1m,50 de diamètre, et fermée par deux plaques à ses extrémités. Cette boîte est traversée par un axe C, aux extrémités duquel sont fixées les roues à aubes, qui font avancer le bâtiment, et qui porte en son milieu un cylindre mobile D E, garni de deux clapets courbes à charnières F, G. Un tuyau H amène la vapeur, un autre I communique avec le condenseur, et un massif K, fixé à la boîte A B, interrompt le canal annulaire compris entre les cylindres, et qui a 0m,152 de hauteur.

La vapeur arrivant par H pousse le clapet G, derrière lequel le vide est fait à l'aide du condenseur I, et la roue prend un mouvement de rotation. Bientôt le clapet rencontre une pièce en forme de coin qui termine le massif K; il se replie dans son entaille, passe sous le massif, et se relève quand il l'a dépassé.

Pour diminuer le frottement, on donne au canal annulaire un peu moins de largeur auprès du cylindre extérieur qu'auprès du cylindre intérieur, afin que les ailes soient légèrement trapézoïdales, et qu'à mesure qu'elles se replient leur garniture soit moins comprimée. La vapeur est employée, dans cette machine, à trois ou quatre atmosphères et sans condensation. Le tuyau qui rejette la vapeur traverse une masse d'eau qu'il échauffe, et qui sert à alimenter la chaudière.

La longueur du cylindre est entre les plaques de 0m,482. Le poids total de la machine est de quatre à cinq tonneaux. Les roues ont près de 5 mètres de diamètre, et font environ dix-huit tours par minute; chacune porte douze aubes de 1m,80 de longueur sur 0m.60 de hauteur. Le foyer est alimenté avec du bois; on en brûle 22 stères en seize heures. Dès 1817, cette machine a été appliquée avec quelque apparence de succès aux États-Unis.

L'énumération de ces machines offrant quelque intérêt, nous ne passerons pas sous silence la *machine à disque* de MM. Davies et Compagnie, de Birmingham, parce que les résultats qu'elle donne s'approchent plus, que ceux de tous les autres moteurs de ce genre, de ceux des machines à piston, et, qu'en outre, elles ont l'avantage d'être légères et beaucoup moins chères que ces dernières.

Les fig. 17 et 18, pl. 1, qui représentent les coupes d'une machine de vingt chevaux, font voir que cette machine se compose d'un espace annulaire conique, dans lequel se meut un disque lié à une sphère portant une pièce O T, qui fait tourner un arbre de couche au moyen du mouvement conique qu'elle décrit. Le disque vient toujours presser les génératrices communes des cônes engendrant l'espace annulaire dans lequel agit la vapeur. Une cloison fixe sépare le tuyau d'admission du tuyau d'émission et vient pénétrer jusqu'à l'intérieur de l'espace annulaire. Le disque ayant une ouverture qui permet son passage, et même offre assez de jeu pour le passage de la vapeur d'un côté à l'autre du disque.

Lorsqu'on met la machine en jeu, la vapeur entrant par le tuyau B C, se répand à l'intérieur de l'espace annulaire, dans lequel le disque touche la surface conique inférieure suivant A F, et la surface supérieure suivant A I; de telle sorte que, au-dessus du disque C, F H I, et C E F, au-dessous, sont en communication avec la vapeur; tandis que la partie D I, du dessus du disque, et D I F, au-dessous, sont en communication avec l'émission. On voit, par là, que la vapeur presse également les deux faces du secteur C A F, et que le secteur D A I, est en communication de part et d'autre avec le condenseur; de sorte que le secteur I H F, tend à prendre un mouvement de rotation par l'effet de l'excès de la pression dans le tuyau d'admission sur celle qui existe dans le tuyau d'émission. Le même effet se produisant dans toutes les positions du disque, celui-ci prend un mouvement continu de rotation. Ces machines peuvent être faites avec ou sans condenseur.

Les avantages de ces machines sont les suivants :

1° Elles sont d'un poids assez faible, ce qui permet de les transporter facilement;

2° Elles sont d'un faible volume, et par conséquent, ne demandent pas un grand emplacement ni des fondations particulières. Ainsi il en existe une de douze chevaux à Birmingham, qui repose sur le plancher d'un premier étage, et qui ne donne ni secousses ni ébranlement;

3° Elles peuvent éviter des roues d'engrenage par la facilité qu'elles ont de donner immédiatement une grande vitesse aux arbres de couche;

4° Enfin, ce qui n'est pas d'une faible influence dans le choix d'une machine, c'est le prix qui, pour celles-ci, est beaucoup plus faible que pour les machines à piston;

5° Elles exigent, pour régulariser leur mouvement, un volant d'un poids beaucoup plus faible que ceux des machines à piston ordinaires;

6° Ces machines peuvent recevoir avec d'autant plus d'avantage l'application de la détente de la vapeur que cette détente peut être portée jusqu'à la dernière limite sans nuire à l'uniformité du mouvement.

Mais le défaut capital des machines de ce genre, tant de celles anciennement inventées que des nouvelles, telles que celle de M. Isoard qui agit par réaction, c'est qu'elles n'ont pu être jusqu'à ce jour que des objets de curiosité; toutes consomment plus de combustible que les machines à vapeur à piston; ainsi, leur consommation est au moins, en moyenne, de 8 à 10 kilogr. de houille par heure et par force de cheval.

Nous citerons enfin la machine de M. Mastermann, fondée sur un principe nouveau (pl. 1, fig. 19 et 20). Elle consiste en une roue à bras et jante creux. La jante est munie de *clapets* mobiles s'ouvrant ou se fermant suivant la position de contrepoids *n*.

La moitié de l'appareil se trouvant remplie d'eau, on fait arriver de la vapeur par l'orifice *d*. Cette vapeur agit sur l'eau et sur le clapet *f* qui est fermé. Elle refoule l'eau dans la portion *h*, et alors, les poids des deux portions de la jante étant différents, l'équilibre est rompu, et la roue tourne dans le sens de la flèche jusqu'à ce que l'équilibre se soit rétabli. Mais alors c'est par le bras suivant que la vapeur arrive et opère le même travail que précédemment.

Digitized by Google

Cette machine est fort ingénieuse, mais nous doutons fort qu'elle soit jamais employée. J. C.

DEUXIÈME PARTIE.

COMPOSITION DES MACHINES A VAPEUR.

Considérées sous le point de vue général, les machines sont des *appareils destinés à utiliser l'action des forces, soit comme moteurs, soit comme outils.*

A cet effet, elles se composent d'*organes* parmi lesquels on distingue : 1° Les organes *principaux*, remplissant chacun isolément l'une des fonctions dont l'ensemble constitue le travail propre de l'appareil auquel ils appartiennent : 2° les organes *secondaires*, dont les diverses combinaisons constituent les organes principaux.

Les premiers se nomment *parties* des machines ; les seconds se nomment *pièces* de machines.

Composer une *machine*, c'est *disposer* convenablement les différentes parties de cette machine, préalablement composées. Composer une *partie*, c'est *disposer* convenablement les différentes pièces de cette partie, préalablement composées. Composer une *pièce*, c'est déterminer les *formes* et *dimensions* de cette pièce d'après le genre de travail qu'elle doit effectuer et les résistances qu'elle doit vaincre.

La composition d'une machine comprend donc les trois opérations fondamentales suivantes : 1° Composition des pièces : 2° composition des parties ; 3° composition de la machine.

C'est suivant cet ordre naturel que nous allons procéder en ce qui concerne les machines à vapeur.

LIVRE PREMIER.

Composition des pièces des machines à vapeur.

Une réunion de pièces disposées de manière à effectuer un travail déterminé, soit comme appareil complet, soit comme partie d'appareil, peut se partager en deux groupes distincts, savoir : Premier groupe, pièces d'usage général ; deuxième groupe, pièces d'usage spécial.

Les premières, qui se retrouvent dans toutes les machines pour des fonctions analogues à remplir, sont déterminées de formes et dimensions d'après la nature et l'importance du travail qui est propre à chacune d'elles.

Les secondes, qui n'existent que dans le genre d'appareil où on les rencontre, sont déterminées de formes et dimensions d'après la composition même dudit appareil.

Il résulte de là que : 1° la composition des pièces d'usage général découle naturellement de la composition générale des machines ; 2° la composition des pièces spéciales découle nécessairement de la composition spéciale des machines à vapeur.

CHAPITRE Ier. PIÈCES EMPLOYÉES GÉNÉRALEMENT DANS LES MACHINES.

Titre Ier. — Composition générale des machines.

SECTION Ire. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

Toute machine qui fonctionne est un ensemble de pièces, intimement liées entre elles, dont les unes sont fixes, les autres mobiles dans différents sens. On peut donc dire que les caractères généraux des machines sont au nombre de deux, savoir :

1° Ensemble de pièces fixes et de pièces mobiles ;

2° Variété de mouvements des pièces mobiles.

Le premier, bien qu'inséparable du second, ne suffirait pas à lui seul pour constituer une machine. Le second, au contraire, est décisif et doit servir à spécifier le premier ; aussi, est-ce par lui que nous commencerons l'examen de ces deux caractères généraux.

§ Ier. *Mouvements.* — En théorie, on considère deux espèces de mouvements, savoir :

Le mouvement rectiligne ;

Le mouvement curviligne.

Le mouvement curviligne se divise en deux autres, savoir :

Le mouvement curviligne dans un même plan ;

Le mouvement curviligne dans l'espace.

En pratique, on considère également deux espèces de mouvements, savoir :

Le mouvement rectiligne ;

Le mouvement circulaire ;

Parmi lesquels le mouvement circulaire n'est qu'un cas particulier du mouvement curviligne dans un même plan.

Ces mouvements sont continus ou alternatifs ; de là quatre espèces de mouvements propres aux pièces des machines, savoir :

1° Mouvement rectiligne continu ;
2° — — alternatif ;
3° Mouvement circulaire continu ;
4° — — alternatif.

On appelle transformation de mouvement toute combinaison de pièces établissant la communication entre deux pièces douées de mouvements différents ; on en considère seize, savoir :

Transformations des mouvements :

1° Rectiligne continu ;
2° Rectiligne alternatif ;
3° Circulaire continu ;
4° Circulaire alternatif ;

en

1° Rectiligne continu ;
2° Rectiligne alternatif ;
3° Circulaire continu ;
4° Circulaire alternatif.

§ II. *Union des pièces.* — Quelles que soient les formes et dimensions des pièces des machines, on ne connaît guère, en pratique, que trois sections pour les points de ces pièces, où elles se réunissent, savoir :

La section rectangulaire ;

La section carrée ;

La section circulaire.

La réunion de deux pièces se nomme assemblage. Comme celui des sections, le nombre des assemblages admis en pratique, eu égard à la position des pièces à réunir, est infiniment restreint, puisqu'il se compose de deux seulement, savoir :

L'assemblage bout à bout ;

L'assemblage d'équerre.

Le premier, s'employant toutes les fois que l'on veut réunir deux pièces situées sur le prolongement l'une de l'autre ; et le second, toutes les fois que les pièces à réunir sont perpendiculaires entre elles.

De là, douze combinaisons d'assemblages, suivant les sections et les directions des pièces à réunir, savoir :

Assemblage bout à bout d'une pièce à section rectangulaire avec une autre à section :

1° Rectangulaire ;
2° Carrée ;
3° Circulaire.

Assemblage bout à bout d'une pièce à section carrée avec une autre à section :

4° Carrée ;
5° Circulaire.

Assemblage bout à bout d'une pièce à section circulaire avec une autre à section :

6° Circulaire.

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *rectangulaire* avec une autre à section :

7° Rectangulaire ;
8° Carrée ;
9° Circulaire.

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *carrée* avec une autre à section :

10° Carrée ;
11° Circulaire.

Digitized by Google

Assemblage d'*équerre* d'une pièce à section *circulaire* avec une autre à section :

12° Circulaire.

SECTION II. — TRANSFORMATIONS DE MOUVEMENT.

Cette question étant traitée à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, nous y renvoyons pour l'étude des organes de transformations de mouvement, dont nous donnons du reste ci-après la nomenclature.

SECTION III. — ASSEMBLAGES.

Ils varient suivant l'état naturel des pièces.

Nous avons considéré deux états de pièces dans une machine, savoir :

Le repos et le mouvement.

Il peut donc se présenter les trois cas suivants d'assemblage, savoir :

1° Assemblage de deux pièces fixes entre elles ;

2° Assemblage d'une pièce fixe avec une pièce mobile ;

3° Assemblage de deux pièces mobiles.

I. Assemblage de deux pièces fixes.

§ 1er. *Assemblage bout à bout.* — 1° Sections rectangulaires. La section rectangulaire constitue la série des pièces que l'on nomme plates, telles que tôles, brides, plaques.

L'assemblage de ces pièces se fait de la manière suivante :

On superpose en quantité suffisante les extrémités à assembler, puis on les perce de trous dans lesquels on passe, soit des rivets, soit des boulons. Pour assembler au moyen des rivets, on aplatit la queue du rivet; pour assembler au moyen des boulons, on serre un écrou.

2° Section rectangulaire et section carrée. Dans ce cas, on modifie la forme de l'une des deux sections, et l'assemblage est le même que quand deux pièces sont rectangulaires ou carrées.

3° Section rectangulaire et section circulaire. La même observation que ci-dessus a lieu ;

4° Sections carrées. Si les pièces sont exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait à traits de Jupiter, comme en charpenterie, avec manchon par dessus. Si les pièces ne sont pas exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'un manchon seulement ;

5° Section carrée et section circulaire. Dans ce cas, on ramène l'assemblage à celui de deux pièces carrées ou deux pièces rondes, à volonté, en modifiant l'une des deux sections ;

6° Sections circulaires. Si les pièces sont exposées à un effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'une douille à clavette ou à vis.

Si les pièces ne sont exposées à aucun effort de traction longitudinale, l'assemblage se fait au moyen d'un manchon à prisonnier.

§ 2. *Assemblage d'équerre.* — 1° Sections rectangulaires. On ramène ce cas à l'assemblage bout à bout, pour ces pièces, en coudant l'une des deux pièces à assembler;

2° Section rectangulaire et section carrée. On perce dans la pièce plate un trou carré, plus grand que celui de la pièce à assembler, puis on cale.

D'autres fois, et c'est le plus souvent, on ramène ce cas à celui d'une section rectangulaire avec une section circulaire.

Rarement on le ramène à celui de deux sections rectangulaires.

3° Section rectangulaire et section circulaire. On termine la pièce ronde par un tronc de cône entrant exactement dans un trou pratiqué dans la pièce plate de même forme et de même inclinaison que les génératrices du cône, la fermeture a lieu au moyen d'une clavette, ou au moyen d'une rondelle et d'un écrou, taraudé dans le prolongement de la pièce ronde.

D'autres fois on munit la partie cylindrique d'une embase, sans cône, et la fermeture a lieu de l'autre côté au moyen d'une clavette ou d'une rondelle et un écrou.

4° Section carrée. L'assemblage se fait dans ce cas au moyen d'un étrier, ou chape à clavettes sans coussinets.

5e Section carrée et section circulaire. Dans ce cas, l'assemblage se fait comme ci-dessus, quelle que soit celle des deux pièces qui butte sur l'autre ; si c'est la pièce ronde qui butte, sa section est modifiée et rendue carrée.

6e Sections circulaires. L'assemblage se fait au moyen d'un *T*.

II. Assemblage d'une pièce fixe et d'une pièce mobile.

Les pièces mobiles sont douées de l'un des deux mouvements : rectiligne ou circulaire.

§ 1er *Mouvement rectiligne.* Lorsqu'une pièce est douée d'un mouvement quelconque, elle exerce un frottement sur les pièces fixes qu'elle touche. Ce frottement peut être de deux natures différentes, savoir :

Frottement de glissement ; frottement de roulement.

Dans le premier cas, la pièce est munie de *glissoirs* se mouvant dans des *glissières.*

Dans le second cas, la pièce est munie d'*axes* sur lesquels sont montés des cylindres roulants dans des *coulisses.* Ces cylindres portent le nom de *galets* ou de *roulettes*, suivant qu'ils sont en métal ou en bois.

Dans le cas où les deux milieux dans lesquels se meut la pièce mobile sont hétérogènes, la séparation a lieu au moyen d'un *stuffing-box.*

§ 2. *Mouvement circulaire.* — Lorsqu'une pièce est douée d'un mouvement circulaire, elle est toujours montée sur un arbre, dont la communication avec les pièces fixes a lieu à l'endroit des tourillons, dans des pièces appelées supports, lesquelles sont munies ou non munies de coussinets.

III. Assemblage des pièces mobiles entre elles.

Ces assemblages varient non seulement comme ceux des pièces fixes entre elles, suivant les sections aux points à réunir et les dispositions relatives des deux pièces, mais encore suivant le mode de mobilité des deux pièces.

Néanmoins on peut dire, en thèse générale, que, si les pièces sont douées de mouvements différents, comme cela a lieu toutes les fois qu'il y a assemblage avec une tête de bielle, la seule modification que subissent les assemblages ci-dessus mentionnés pour pièces fixes, c'est l'addition de charnières ou de coussinets.

SECTION IV. — RÉCAPITULATION.

Si nous réunissons les pièces servant aux transformations de mouvement, nous trouvons que :

Ie Les pièces généralement employées pour les transformations de mouvement forment dix groupes essentiellement différents, savoir :

1° Les poulies et les treuils ;
2° Les roues, pignons, crémaillères et cames;
3° Les arbres ;
4° Les bielles ;
5° Les manivelles et leurs boutons ;
6° Les parallélogrammes ;
7° Les balanciers et leurs axes ;
8° Les vis ;
9° Les excentriques et leurs mouvements ;
10° Les leviers.

Digitized by Google

II° Les pièces généralement employées pour les assemblages forment onze autres groupes essentiellement différents, savoir :

1° Les rivets ;
2° Les boulons et écrous ;
3° Les manchons et prisonniers ;
4° Les douilles à clavettes ou à vis ;
5° Les chapes, coussinets et clavettes ;
6° Les charnières ;
7° Les T ;
8° Les tourillons ;
9° Les glissoirs et glissières ;
10° Les galets et coulisses ;
11° Les stuffing-box ;
12° Les supports.

Total, vingt-deux groupes de pièces généralement employées dans les machines.

Parmi ces pièces, il en est qui figurent comme pièces spéciales dans la composition de l'une des parties de la machine à vapeur, et dont nous renvoyons l'étude à celle des pièces spéciales ; ce sont :

Les arbres, les manivelles et leurs boutons, les bielles, les balanciers et leurs axes, les parallélogrammes, les excentriques et leurs mouvements, les glissoirs et glissières, les galets et coulisses, les rivets, les manchons.

Il en est d'autres qui sont traitées dans cet ouvrage à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE ; ce sont :

Les roues, pignons, crémaillères et cames.

Enfin, il en est d'autres qui sont d'un intérêt minime dans la machine à vapeur, considérées isolément, en ce qu'elles rentrent dans la composition de certaines autres ; ce sont :

Les poulies et les treuils, les vis.

Il nous reste donc seulement neuf groupes principaux de pièces générales, qui avec les poulies, dont nous dirons quelques mots, forment la série suivante, savoir :

1° Boulons et écrous ;
2° Charnières ;
3° Douilles ;
4° Les T ;
5° Tourillons ;
6° Chapes, coussinets et clavettes ;
7° Supports et coussinets ;
8° Leviers ;
9° Stuffing-box ;
10° Poulies.

Titre II. — Composition des pièces générales des machines.

I. Boulons et Écrous.

Les boulons (Pl. 2, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9), sont des pièces employées aux assemblages des faces planes.

A cet effet, ils se composent de trois parties distinctes, savoir :

Le corps, la tête, l'écrou.

Le corps *a* des boulons est une partie cylindrique tantôt brute de forge, tantôt tournée, dont la longueur est toujours plus grande que la somme des épaisseurs des deux parties à assembler.

L'une des extrémités du corps est soudée à la tête ; l'autre est taraudée sur une certaine longueur pour recevoir l'écrou.

La tête *b* est tantôt à quatre, tantôt à six pans ; à quatre pans dans les boulons qui ne sont pas en vue ; à six pans dans les autres ; quelquefois, par luxe, on fait la tête cylindrique terminée par une calotte sphérique peu prononcée. Dans ce cas, il est important que l'on ait un moyen particulier pour empêcher que le boulon ne tourne quand on serre l'écrou. Ce moyen consiste à faire carrée la portion du corps qui touche à la tête, ainsi que le trou percé dans la bride correspondante, ou à munir simplement cette partie du corps d'un prisonnier pénétrant à la fois et dans le corps et dans une mortaise pratiquée sur la bride. La disposition du carré s'emploie fréquemment pour les boulons à tête quelconque, quand ils sont destinés à assembler des pièces de fonte ; dans ce cas, on fait venir à la fonderie les trous carrés correspondant aux diverses positions des boulons.

L'écrou (fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) est à quatre pans ou à six pans ; à quatre pans pour boulons ordinaires et cachés ; à six pans pour tous les autres. Parmi les écrous, on distingue :

L'écrou à quatre pans ordinaire (fig. 2, 3) ;
L'écrou à six pans ordinaire (fig. 4, 6) ;
L'écrou à six pans paré (fig. 6) ;
L'écrou à six pans tourné (fig. 7, 8) ;
L'écrou à six pans à chapeau (fig. 9).

Les deux premiers s'employant, comme nous avons dit, dans les circonstances ordinaires ; les autres s'employant de préférence suivant le plus ou moins de relief que l'on désire donner aux parties dans lesquelles ils figurent.

Les dimensions proportionnelles des boulons sont les suivantes :

Le diamètre du corps non fileté étant 1 ;
Les épaisseurs de la tête et de l'écrou sont 1 ;
La diagonale des têtes carrées est 2,25 ;
Le diamètre du cercle circonscrit aux têtes à six pans est 2 ;

Le pas de vis du filet varie entre 1/6 et 1/10 du diamètre suivant la grandeur de ce dernier.

Le serrage des écrous se fait au moyen de clefs. On distingue deux espèces de clefs, savoir :

Les clefs à mâchoires fixes ;
Les clefs à mâchoires mobiles.

Les premières, qui sont les meilleures, consistent en une pièce de fer plat terminée par une tête dont l'épaisseur est égale à environ les 0,75 du diamètre du boulon à l'écrou duquel elles sont destinées. Dans cette tête est pratiqué un vide dont le contour est tantôt un polygone complet, tantôt, et le plus souvent, c'est une portion de polygone exactement égale à celui formant le contour des écrous auxquels elle doit servir. Dans le cas où ce vide ne forme pas un polygone complet, le nombre des faces qu'il présente est au moins de trois, dont deux, celles formant les extrémités du fer à cheval, portent le nom de mâchoires. Pour les écrous à six pans, le nombre des faces du vide est généralement quatre.

Les secondes, dites clefs anglaises, sont toujours munies de têtes à trois faces rectangulaires. Elles ne diffèrent des précédentes qu'en ce que l'une des mâchoires est mobile et permet ainsi le serrage de toute espèce et de toute dimension d'écrous. Elles se construisent de différentes manières : tantôt l'écartement des mâchoires se fait au moyen d'une simple coulisse munie de points d'arrêt diversement combinés ; tantôt, et c'est le plus souvent, il se fait au moyen d'une vis.

Ces clefs, qui sont fort lourdes et ne peuvent pas toujours s'employer, sont bonnes pour le démontage des machines quand on ne peut s'en procurer d'autres. En général, elles ne conviennent nullement pour l'usage journalier, attendu qu'elles abîment les écrous.

On peut presque dire, à propos de ces clefs, que l'on juge de l'ordre qui règne chez le mécanicien qui a construit une machine, d'après l'emploi plus ou moins fréquent que fait de la clef anglaise l'homme qui est chargé de l'entretenir.

En effet, ce qui contribue le plus à donner aux conducteurs de machines l'habitude de la clef anglaise, c'est la diversité des dimensions des écrous qu'ils ont à

Digitized by Google

manier. Or, cette diversité provient de deux causes, savoir :

La multiplicité des diamètres de boulons employés ;

La mauvaise confection des écrous.

En ce qui concerne la première cause, nous dirons qu'il n'est pas rare de voir encore aujourd'hui des centaines de diamètres différents de boulons dans un atelier de construction, tandis qu'avec douze ou quinze au plus on peut satisfaire à tous les cas de l'emploi de ces pièces dans les machines ; pour cela, il suffit d'adopter les diamètres suivants en millimètres, savoir :

6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 25, 30, 35, 40, 45, 50.

Le mécanicien qui sait le nombre et les diamètres de ses différents boulons, peut faire fabriquer d'avance des clefs pour chaque numéro et n'oublie pas de livrer toutes celles qu'il doit avec chaque machine qu'il vend.

Dans le cas contraire, il n'en livre aucune ou en livre qui ne vont pas.

En ce qui concerne la seconde cause, nous dirons que, pour être bien faits, il faut que les écrous aient leurs faces taillées mécaniquement.

Si donc on rencontre, dans une machine, des boulons dont les dimensions varient pour un même travail à effectuer, et des écrous dont les dimensions varient pour des boulons de même diamètre, on peut dire que le mécanicien qui a construit cette machine n'a pas d'ordre, et sa machine doit être défectueuse. Alors, en examinant attentivement cette dernière, on trouve des pièces qui se meuvent en dehors du plan de leur mouvement normal et partant des coussinets qui s'usent irrégulièrement, ou bien des joints faits en mastic de fonte ou en mastic de plomb, etc.

II. Charnières.

On donne le nom de charnières (Pl. 2, fig. 10, 11, 12) à l'assemblage employé pour réunir deux tiges cylindriques ou autres douées de mouvements différents, l'une d'elles étant nécessairement douée d'un mouvement circulaire alternatif autour du centre de la charnière.

Une charnière se compose de trois parties, savoir :

La fourchette simple ou mâle (fig. 10 et 12) ;

La fourchette double ou femelle (fig. 11 et 12) ;

Le goujon et sa rondelle.

Ces pièces se construisent comme le représentent les figures. Quant aux dimensions proportionnelles, elles sont les suivantes :

Le diamètre des tiges étant 1, celui du goujon est 1 ; l'épaisseur du fer autour du goujon est 0,6 (nous retrouverons cette donnée dans beaucoup d'autres cas) ; les autres dimensions sont indiquées par la figure.

Une difficulté se présente pour la composition normale de la charnière ; cette difficulté est la suivante :

Il faut, pour faciliter la besogne de l'ajustage, que l'on puisse donner un coup de tour de chaque côté des têtes des fourchettes de manière à bien indiquer le rond extérieur concentrique avec le trou du goujon.

Ce coup de tour se donne facilement dans la tête de la fourchette double, parce que l'épaisseur de 0,6 des coudes se trouve portée à 0,75 à l'endroit des têtes ; mais il n'en est pas de même dans la fourchette simple, parce que l'épaisseur 1,2 est suffisante pour l'assemblage. Or, la tige ayant 1 pour diamètre, si le raccordement polygonal a 1,2 de diamètre intérieur, comme dans la fourchette double, la tête, ayant 1,2 d'épaisseur, ne dépasse pas le raccordement, et alors le coup de tour est impossible.

Nous avons cru devoir trancher la difficulté en ne donnant que 1,1 d'épaisseur au raccordement de la fourchette simple, lui laissant 1,2 dans l'autre sens, comme à la fourchette double. On pourrait peut-être, au lieu de cela, augmenter l'épaisseur de la tête et la porter à 1,4, puis diminuer l'épaisseur des têtes de la fourchette et les réduire à 0,70 chaque. Dans ce cas, l'épaisseur totale serait de 2,8, tandis qu'ici elle n'est que de 2,7. Le seul inconvénient que nous verrions dans la seconde disposition, c'est que l'épaisseur totale de la tête double ne serait pas plus grande que celle de la tête simple, ce qui n'est pas bon, parce que le travail de la première est souvent inégalement réparti, tandis que celui de la seconde ne peut l'être.

Ces détails paraîtront minutieux à quelques personnes, mais non pas à celles qui s'occupent de construction.

III. Douilles.

Les douilles (pl. 2, fig. 3, 14, 15, 16) sont, comme charnières, des pièces destinées à l'assemblage de deux tiges cylindriques situées sur le prolongement l'une de l'autre, seulement elles s'emploient dans le cas spécial où l'une des tiges s'enfilant dans un *stuffing-box*, ou tout autre évidement ayant exactement son diamètre, n'en peut sortir que par l'extrémité où elle s'assemble avec l'autre tige. Alors on munit la tige libre d'une douille dans laquelle pénètre l'extrémité de la tige captive. Cette disposition est le plus souvent employée pour l'assemblage des tiges de piston.

Les douilles sont à vis ou à clavettes. Les douilles à vis ne s'emploient que dans quelques cas particuliers ; généralement on préfère les douilles à clavettes.

Les douilles sont généralement à charnières ; dans ce cas, elles portent la fourchette simple. Quelquefois, cependant, comme cela a lieu pour les tiges de pompe à air, quand les tiges assemblées ne doivent plus faire qu'une seule et même tige douée d'un seul mouvement, on soude la douille à la tige libre, ce qui en rend l'exécution toujours moins facile. Nous ne sommes pas très partisan de cette disposition, quoiqu'elle soit plus économique que celle d'une douille et une charnière.

Les dimensions proportionnelles des douilles sont les suivantes :

Le diamètre de la tige étant 1, l'épaisseur autour est 0,25 ; la longueur intérieure est 2, 8, de manière que, la clavette ayant 0,8 de haut, il y ait dans la douille une hauteur de un diamètre en dessus et en dessous.

IV. T.

Les T (pl. 2, fig. 17) diffèrent des charnières et des douilles en ce qu'ils sont destinés à assembler d'équerre des tiges avec des axes sur lesquels elles buttent.

Ils se construisent tantôt en fer, tantôt en fonte. Les premiers sont de beaucoup préférables ; mais ils sont difficiles à bien faire, surtout en ce qui concerne les directions perpendiculaires des trous qui ne sont pas alésés et s'ajustent tels qu'ils sortent de la forge.

Les dimensions proportionnelles de ces pièces sont les suivantes, savoir :

Le diamètre de la tige étant 1, les proportions de la douille dans laquelle son extrémité se loge sont les mêmes que celles des douilles ordinaires.

Le diamètre de l'axe, dans sa partie où la tige vient butter contre lui, est d'environ 1,70 ; quelquefois, cependant, mais pas dans les machines à vapeur, il peut être supérieur. On donne à la largeur de la partie du T qui l'enveloppe trois fois le diamètre de la tige.

V. Tourillons.

Les tourillons (pl. 2, fig. 18, 19) sont les points d'assemblage des arbres ou axes avec les pièces fixes ou les pièces mobiles dont le mouvement est différent du leur.

Ils sont cylindriques et terminés par des collets cylindriques comme eux, auxquels ils se raccordent par

Digitized by Google

un congé, de manière à ne pas changer trop brusquement le diamètre. Leur longueur est 1,2 de leur diamètre ; le diamètre des collets est égal à leur longueur.

VI. Chapes, Coussinets, Clavettes.

Les chapes, coussinets et clavettes (pl. 2, fig. 20, 21, 22, 23, 24), s'emploient dans tous les assemblages d'axes, fixes ou mobiles, avec des pièces mobiles.

Les coussinets servent à adoucir le mouvement de rotation de l'axe dans leur intérieur et à le maintenir toujours serré.

La chape sert à maintenir les coussinets en place.

Les clavettes servent à fermer la chape et à opérer le serrage.

§ 1er. *Coussinets.* — Les coussinets B, B (fig. 20, 21), sont en *plomb et régule*, *laiton*, *bronze*, *maillechort*, *fonte* ou *acier*, suivant les cas de leur emploi.

On les fait en *plomb et régule* lorsque le mouvement est lent et que l'on tient essentiellement à ne pas user la pièce qui se meut dans leur intérieur, mais qui ne sont pas soumis à des efforts considérables.

On les fait en *laiton*, dans les machines à vapeur, pour plusieurs raisons, savoir :

La première, c'est que souvent on ne peut se procurer de bronze de bonne qualité.

La seconde, c'est qu'ils sont un peu plus économiques que ce dernier, ce qui est un pauvre motif.

La troisième, c'est qu'ils s'alésent infiniment plus facilement et plus vite, les coussinets en bronze usant promptement la lame d'alésoir surtout s'ils sont soufflieux ou siliceux.

La quatrième, c'est qu'ils usent moins le tourillon que le bronze, quand ce tourillon est en fer.

Le coussinet en *bronze* est le meilleur, quels que soient les motifs qui lui fassent préparer le précédent ; il est, comme la clef anglaise, un indice de bon ou mauvais constructeur.

Le *maillechort* n'a été employé comme coussinets, que dans certains cas particuliers, plutôt comme luxe qu'autrement.

La *fonte* joue un grand rôle aujourd'hui comme métal de coussinets ; fonte blanche, fonte grise, l'une et l'autre réussissent parfaitement ; la fonte blanche seulement se casse et s'échauffe plus facilement que la grise. Il viendra une époque où on n'emploiera plus d'autre métal pour coussinets.

L'acier ne convient que pour les axes en acier, c'est-à-dire pour les cas où il y a une grande vitesse de rotation.

Les coussinets peuvent se construire de différentes manières, savoir :

1° A contour extérieur en ogive (fig. 23, 24) ;

2° A contour extérieur octogonal ;

3° A contour extérieur carré (fig. 20, 21).

Le contour en ogive, qui est le plus généralement répandu, présente le grave inconvénient de ne pas fixer le coussinet dans sa chape d'une manière assez stable pour l'empêcher de tourner. D'autre part, comme il faut toujours un coussinet carré, cette disposition a l'inconvénient d'exiger deux modèles.

Le contour octogonal est bon ; il emploie plus de cuivre que le précédent, mais le coussinet ne tourne pas ; seulement, si on veut que les deux coussinets soient égaux, il faut ajouter à la tête de la tige qui reçoit la chape deux saillies triangulaires, servant à embrasser le coussinet intérieur, et dont le prix de revient dépasse de beaucoup la différence qui existe entre le coussinet octogonal et le coussinet carré. Si alors on met l'un des coussinets octogonal et l'autre carré, on retombe dans l'inconvénient des deux modèles signalés plus haut.

Les coussinets carrés présentent l'inconvénient de prendre plus de matière que les autres ; mais, en définitive, ce sont les meilleurs ; ils n'exigent qu'un modèle pour les deux, s'exécutent de même l'un que l'autre et ne peuvent jamais tourner.

Ces coussinets, les seuls employés dans l'enfance de la construction des machines, puis abandonnés pour les précédents, ont revu le jour pour la première fois dans les locomotives, où il est si important que ces pièces restent en place. Nous applaudissons fort à cette résurrection, aussi nous sommes-nous empressé de l'adopter.

§ 2. *Chapes.* — Les chapes A (fig. 20, 21) sont toujours en fer ; elles ont le minimum d'épaisseur nécessaire pour la résistance qu'elles ont à vaincre et la facilité de l'exécution. A l'endroit où est percée la mortaise des clavettes, l'épaisseur est plus considérable. Si les chapes étaient en fonte, on se contenterait de faire régner cette épaisseur seulement dans l'entourage de cette mortaise ; mais, en fer, cette opération serait infiniment plus coûteuse que la différence de poids du fer qu'on y laisse.

§ 3. *Clavette.* — Les clavettes C, D (fig. 20, 22) sont toujours en fer ; on distingue : la *clavette* C, la *contre-clavette* D.

La *contre-clavette* sert à empêcher l'écartement des deux branches de la chape et, au besoin, la désunion de la chape avec la bielle d'assemblage dans le cas où la clavette viendrait à tomber.

La *clavette* est pour le serrage des coussinets uniquement ; ce serrage s'obtient au moyen d'une légère inclinaison des clavettes entre elles.

La figure indique les dimensions proportionnelles des coussinets, chapes et clavettes, le diamètre du tourillon intérieur étant un. Ces pièces sont, sans contredit, celles qui peuvent le mieux se mettre en dimensions proportionnelles.

VII. Supports.

Les supports (pl. 2, fig. 25, 26, 27, 28, 29) sont les pièces d'assemblage entre arbres ou axes mobiles.

Comme les chapes, ils possèdent des coussinets ; seulement les pièces employées à maintenir ces coussinets en place changent de formes et de noms.

Dans un support, on considère : les coussinets, le corps, le chapeau, le patin, les boulons.

Les coussinets peuvent être de l'une des trois formes que nous avons envisagées précédemment ; seulement, pour nous, nous préférons les coussinets carrés, d'autant plus que, si on trouve qu'ils prennent trop de matière, on peut les faire en fonte.

Le corps, le chapeau et le patin des supports varient singulièrement suivant la position des pièces fixes auxquelles on les relie.

En effet, on considère deux classes de supports, savoir : les supports d'arbres horizontaux, les supports d'arbres verticaux.

Parmi les premiers on considère : les paliers, les chaises.

Les *paliers* sont ceux dans lesquels le chapeau est situé au-dessus du patin.

Les *chaises* sont ceux dans lesquels le chapeau est situé au-dessous du patin.

Les premiers sont destinés à être assemblés avec des pièces horizontales inférieures, comme le sol ; les seconds sont destinés à être assemblés avec des pièces horizontales supérieures, comme les plafonds.

Ce qui fait que les formes diffèrent dans les deux cas, c'est que, quand le support s'assemble avec le plafond, il faut, pour faire usage d'un palier, le retourner et confier ainsi au chapeau, c'est-à-dire aux boulons, la charge de l'arbre dont il reçoit le tourillon, ce qui n'est pas prudent. On emploie alors des chaises, espèces de supports de forme très variée qui maintiennent le cha-

Digitized by Google

peau au-dessus de l'arbre et, au moyen d'un ajustage plus ou moins long, relient le corps au patin, en contact avec le plafond. Ces pièces ne peuvent, du reste, être considérées comme pièces générales des machines à vapeur.

Les supports d'arbres verticaux se nomment *crapaudines*. Leurs formes diffèrent complétement de celles des autres ; ce sont plutôt des pièces spéciales pour certains cas particuliers que des pièces générales; nous n'en parlerons pas ici.

Pour qu'un support soit bien fait, il faut que les coussinets soient encastrés dans le corps de manière à ce qu'il ne puisse y avoir de mouvement chez l'un qui soit étranger à l'autre, sans quoi ils cesseraient bientôt de tenir le tourillon en place.

Pour y arriver, il y a deux méthodes suivant la forme des coussinets :

S'ils sont carrés, la meilleure disposition est celle de la fig. 25 ; le chapeau se trouve alors indépendant, il ne sert qu'au serrage. S'ils sont en ogive ou octogonaux, il faut alors faire pénétrer le chapeau dans le corps (fig. 28) en lui faisant embrasser la totalité du coussinet supérieur;

En outre les boulons d'assemblage du chapeau avec le corps ne doivent pas avoir de tête, mais être à clavettes, afin que si pendant le serrage l'un d'eux vient à casser, il soit facile de le retirer sans soulever l'arbre et le support. Cette disposition n'est, bien entendu, recommandée que pour les supports où le soulèvement de l'arbre entraînerait des difficultés, c'est-à-dire les grands supports. Dans les petits, on peut, sans difficulté, donner une tête aux boulons; on peut même les faire servir à l'assemblage du support avec la partie fixe.

VIII. Leviers.

Les leviers (pl. 2, fig. 30, 31) sont des pièces en fer qui dérivent, suivant leur forme, de la *manivelle* ou du *balancier*.

Ils dérivent de la manivelle quand ils n'ont, comme elle, qu'une *tête* et un *moyeu*. Dans ce cas, il y a transmission du mouvement de l'arbre à la tête du levier, ou réciproquement, et alors l'arbre est soumis à un effort de torsion.

Ils dérivent du balancier quand ils ont, comme lui, deux *têtes* et un *moyeu*. Dans ce cas, il y a transmission du mouvement d'une tête à l'autre et l'arbre n'a plus qu'à résister aux efforts de flexion transversale exercés aux deux têtes.

Dans le premier cas, les diamètres intérieurs du moyeu et de la tête se calculent de la même manière que pour la manivelle.

Dans le second cas, les diamètres intérieurs du moyeu et des têtes se calculent de la même manière que pour les balanciers.

Nous renvoyons en conséquence à ces deux pièces pour ces divers calculs.

Les dimensions proportionnelles des têtes des leviers sont en tout conformes à celles des charnières qui sont leur assemblage naturel.

Quel que soit le mode de fonctionnement des moyeux leur épaisseur est égale au tiers du diamètre intérieur, et leur longueur égale à 1, 2 fois ce diamètre.

Quant à l'épaisseur des plats du levier, elle est la même pour tous les 0, 6 du diamètre du trou de la tête à l'extrémité et les 0,6 du diamètre du trou du moyeu, au centre, ce diamètre étant celui de l'arbre pour éviter la torsion.

IX. Stuffing-box.

Les *stuffing-box* (pl. 2, fig. 32, 33) (boîtes à étoupes) sont des pièces destinées à intercepter la communication entre deux milieux dans lesquels se meut une tige. Ils se composent de deux parties, savoir :

La *boîte* et le *chapeau*.

La boîte est généralement coulée avec la cloison qui sépare les deux milieux; elle est d'un diamètre suffisant pour recevoir des étoupes que l'on comprime au moyen du *chapeau* qui, pour cette raison, porte aussi le nom de *presse-étoupes*.

Le chapeau, qui est tantôt en bronze, tantôt en fonte, s'assemble avec la boîte au moyen de deux ou trois boulons, suivant ses dimensions; l'assemblage à deux boulons est plus convenable dans les machines à vapeur, parce qu'il permet au chapeau d'osciller légèrement avec la tige que le parallélogramme ne conduit pas exactement en ligne droite.

On emploie quelquefois, pour les pompes, le stuffing-box ; cette disposition n'est bonne qu'autant que la boîte est elle-même en bronze; avec la fonte, un pareil assemblage n'est jamais durable.

Il est bien difficile de donner au diamètre extérieur du chapeau une dimension proportionnelle au diamètre de la tige, parce que l'épaisseur à donner aux étoupes ne varie pas proportionnellement aux diamètres ; cette épaisseur augmente fort peu avec chaque augmentation dans le diamètre de la tige. Faute de formules convenables, nous donnons ci-dessous, pour différents diamètres de tiges, le tableau des dimensions les plus convenables pour le diamètre extérieur du chapeau de stuffing-box ; nous y joignons en même temps le diamètre des boulons correspondants :

Tableau des diamètres des tiges, chapeaux et boulons pour stuffing-box, en millimètres.

Diamètres des tiges.	Diamètres des chapeaux.	Diamètres des boulons.	Diamètres des tiges.	Diamètres des chapeaux.	Diamètres des boulons.
10	30	10	55	95	18
12	35	10	60	010	21
15	40	10	65	110	21
18	45	12	70	120	21
21	50	12	75	130	25
25	55	12	80	130	25
30	65	15	85	140	23
35	70	15	90	150	30
40	75	15	95	150	30
45	85	18	100	160	30
50	90	18			

X. Poulies.

Les poulies (pl. 2, fig. 34, 35, 36) sont de trois espèces distinctes, suivant qu'elles sont destinées à supporter des chaînes, des cordes ou des courroies. Les poulies destinées à supporter des chaînes ou des cordes portent le nom de *Poulies à gorge* ; celles destinées à supporter des courroies portent le nom de *Poulies plates*. Les poulies à gorge, pour cordes, se composent d'une gorge à section semi-circulaire maintenue en place sur son moyeu par quatre, cinq, six ou huit bras, suivant son diamètre. Les bras sont munis de nervures qui leur donnent pour section la forme d'une croix. Ces nervures ont pour but d'empêcher la rupture transversale par suite de mauvaise direction de la corde, et aussi par suite de retrait de la fonte après la coulée.

Souvent, quand les poulies sont d'un grand diamètre, on coule le moyeu en trois parties séparées par des petites plaques de tôle auxquelles on en ajoute d'autres, après le refroidissement, pour remplir l'espace laissé par le retrait ; ces trois parties sont reliées par deux frettes en fer posées à chaud, une sur chaque face.

Les poulies plates se font généralement plus légères

Digitized by Google

que les poulies à gorge; leurs bras sont très souvent à section ovale, comme le représente la figure 34. Pour éviter la casse résultant du retrait de la fonte, on donne souvent aux bras la forme d'un S; alors le moyeu est toujours d'un seul morceau avec le reste de la pièce.

Les poulies plates diffèrent essentiellement des poulies à gorge en ce que ces dernières sont destinées à soulever des poids, tandis que les premières s'emploient uniquement pour transmettre un mouvement de rotation à un arbre.

La largeur des poulies étant généralement la même que celle des courroies qui les embrassent, on calcule cette largeur au moyen de la même formule qui sert pour les courroies. Savoir :

$$l = \frac{128\,F}{D\,N\,e}$$

dans laquelle on représente par :

l, la largeur en centimètres,
F, le travail transmis en chevaux,
D, le diamètre de la poulie,
N, le nombre de tours de la poulie par minute,
e, l'épaisseur de la courroie en centimètres;

et, si l'on admet pour *e* la valeur :

$$e = 0{,}40,$$

il vient pour le cas des courroies ordinaires :

$$l = \frac{320\,F}{D\,N}.$$

XI. Décomposition des pièces générales en séries.

C'est déjà une bonne besogne de faite pour l'ingénieur, que d'avoir des dimensions proportionnelles adaptées à toutes les pièces générales des machines, parce qu'il n'a plus à s'en préoccuper dans ses projets; mais cela ne suffit pas. En effet, il est un point capital sur lequel tout mécanicien doit porter son attention; ce point c'est l'adoption d'un certain nombre de dimensions pour chaque pièce, afin qu'il ne lui arrive jamais de confectionner des outils pour la fabrication de deux ou plusieurs pièces semblables, dont les dimensions sont tellement rapprochées, que toutes peuvent être employées indistinctement au même usage, ce qui crée un matériel coûteux et inutile et jette de la confusion dans le travail. Toute pièce, de quelque métal qu'elle soit, exige des outils spéciaux pour sa fabrication : si elle est en *fer*, ce sont des *mandrins* et des *calibres* qu'il faut à la forge; si elle est en *fonte* ou en *cuivre*, ce sont des *modèles* qu'il faut à la fonderie, sans compter les lames d'*alésoirs* et autres outils qu'il faut à l'ajustage.

Or plus sera grand le nombre des cas où telle dimension de pièce générale pourra être employée, moindres seront les frais d'outils qu'entraîne nécessairement la fabrication de cette pièce; le mécanicien doit donc porter ses soins à l'adoption d'un certain nombre de dimensions pour chaque pièce, assez grand pour satisfaire à tous les cas qui se présentent, et assez petit pour que les frais d'outils soient largement couverts par leur usage.

Quant aux dimensions, il peut paraître difficile au premier abord de les spécifier; mais il suffit de jeter les yeux sur les divers dessins de pièces générales que renferme la planche 2 pour reconnaître de suite qu'ils ont quelque chose de commun, à savoir une partie cylindrique pleine ou creuse dont le diamètre est l'unité de dimensions proportionnelles.

Si donc on adopte une série de diamètres pour les parties cylindriques, toutes les pièces générales se trouvent immédiatement décomposées en séries, par suite de la série de dimensions dont les diamètres de leur partie cylindrique ne peuvent sortir.

L'expérience seule pouvait prononcer sur les différences successives qui peuvent exister entre les divers diamètres des parties cylindriques sans qu'il y ait insuffisance. Il résulte des observations d'un grand nombre de mécaniciens habiles, que la série suivante satisfait complétement à toutes les exigences de la construction pour machines à vapeur, depuis les plus petites jusqu'aux plus grandes forces.

Tableau de la série des diamètres des tiges cylindriques exprimés en millimètres.

5	25	65	110	190	350	700	1200
6	30	70	120	200	375	750	1300
8	35	75	130	220	400	800	1400
10	40	80	140	240	450	850	1500
12	45	85	150	260	500	900	
15	50	90	160	280	550	950	
18	55	95	170	300	600	1000	
21	60	100	180	325	650	1100	

On comprend que ces dimensions, bien que poussées assez loin, n'ont d'importance réelle que jusqu'à 200 millimètres environ. Au-delà il n'y a plus guère que des cylindres à vapeur et des corps de pompe, dont les alésages sont plus rares, et pour lesquels on peut déroger à la loi, bien que, à notre avis, il soit plus convenable de s'y soumettre, comme pour les petits diamètres.

Muni de dimensions proportionnelles pour les pièces générales et du tableau ci-dessus pour les séries, ce que le mécanicien a de mieux à faire, c'est de faire dessiner d'avance chacune des pièces générales, avec les diamètres de la série où elle est le plus employée. Il en résulte pour lui les avantages suivants, savoir :

1° Point de dessins de pièces générales à faire pour les ateliers, et partant plus prompte exécution des projets de machines;

2° Fabrication à l'avance, et en quantité aussi considérable qu'il le juge convenable, des pièces générales sur les diamètres les plus employés, et partant économie sur la main-d'œuvre de ces pièces, qui sont les plus coûteuses des machines;

3° Exécution plus prompte des commandes, puisqu'une partie des pièces est toujours faite d'avance, et partant possibilité de plus fabriquer dans un même temps, sans augmentation de matériel.

CHAPITRE II. PIÈCES SPÉCIALEMENT EMPLOYÉES DANS LES MACHINES A VAPEUR.

Titre Ier. — Composition générale des machines à vapeur.

Les machines à vapeur sont des appareils destinés à utiliser la force motrice de la vapeur d'eau.

Nous avons vu, dans la description historique de ces machines, quels sont les divers moyens qui ont été successivement employés pour utiliser cette force motrice.

Jusqu'ici, de tous ces moyens, un seul a généralement prévalu, à savoir : l'action alternative de la vapeur sur les faces opposées d'un piston se mouvant dans un cylindre.

Dans ce cas, une machine à vapeur se compose de sept parties principales, savoir :

1re partie. Le générateur de la vapeur;

2e partie. L'appareil de distribution de la vapeur dans le cylindre;

3e partie. Le cylindre à vapeur;

4e partie. L'appareil de transmission et régularisation du mouvement du piston;

5e partie. L'appareil de condensation de la vapeur utilisée;

Digitized by Google

6e partie. L'appareil d'alimentation du générateur;
7e partie. Le bâti de la machine.

Dans le générateur, on distingue :
1° La chaudière à vapeur;
2° Les appareils de sûreté;
3° Les tuyaux de conduite de la vapeur à la distribution.

Dans l'appareil de distribution, on distingue :
1° Le distributeur;
2° Le mouvement du distributeur;
3° Le modérateur de la distribution.

Dans le cylindre à vapeur, on distingue :
1° Le cylindre et ses fonds;
2° Le piston;
3° La tige.

Dans l'appareil de transmission de mouvement, on distingue .
1° Le guide de la tige du piston;
2° Le balancier;
3° La bielle;
4° La manivelle;
5° L'arbre;
6° Le volant.

Dans l'appareil de condensation, on distingue :
1° Le condenseur;
2° La pompe à air et son piston.

Dans l'appareil d'alimentation, on distingue :
1° La pompe d'eau fraîche et son piston;
2° La pompe alimentaire et son piston;
3° Les tuyaux de conduite de l'eau.

Dans le bâti, on ne distingue aucune pièce spéciale, ses formes variant suivant la disposition des autres parties.

Total, 20 pièces spéciales.

Observant que, parmi ces vingt pièces plus ou moins compliquées, il en est plusieurs dont les études présentent de l'analogie entre elles, nous les classerons dans l'ordre suivant, savoir :
1° Chaudières à vapeur;
2° Appareils de sûreté;
3° Tuyaux de vapeur et d'eau;
4° Distributeurs;
5° Mouvements des distributeurs;
6° Modérateurs;
7° Cylindres et corps de pompe;
8° Pistons à vapeur, à eau et à air;
9° Tiges;
10° Guides de tiges;
11° Balanciers;
12° Bielles;
13° Manivelles;
14° Arbres;
15° Volants.

Titre II. — Composition des pièces spéciales des machines à vapeur.

I. Chaudières à vapeur.

(Voir pour ces appareils les articles de ce Dictionnaire, intitulés CHAUDIÈRE et CHAUDRONNERIE).

II. Appareils de sûreté.

Les appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance royale du 22 mai 1843 sont les suivants, à quelques modifications près pour les chaudières de locomotives et de bateaux (voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR et MANOMÈTRE).

Soupapes de sûreté. Les poids étaient, lors de l'autorisation, vérifiés, mais non poinçonnés, d'où résultait que, après vérification, les propriétaires mettaient tels poids qui leur convenaient sur leurs soupapes, et il était impossible, dans les inspections annuelles, de reconnaître la fraude, parce que, pour déterminer si une soupape est convenablement chargée, il faut connaître son diamètre, son poids propre, le rapport entre les bras du levier, le poids du levier rapporté à son extrémité, et le poids placé à cette extrémité; mesures qui ne peuvent être prises que quand la chaudière n'est pas en vapeur.

D'après la nouvelle ordonnance, toutes les soupapes sont vérifiées et poinçonnées par les *garde-mines*, ainsi que leurs leviers et poids; mais il est résulté de ce fait un inconvénient grave, qui ne peut être que momentané, et sur lequel nous appelons l'attention de messieurs les mécaniciens, chaudronniers et acheteurs de machines :

« Il n'est pas une seule soupape, dont les poids aient été réglés par l'administration, qui ne lève bien avant la pression pour laquelle elle a été poinçonnée. »

Quand nous disons il n'est pas une seule, nous voulons parler des soupapes de pacotille, dont les 999/1000 des chaudières à vapeur sont munies.

Cela tient à ce que le point par lequel le levier produit sa pression sur la soupape n'est jamais exactement situé au centre de cette dernière, et la direction du levier est elle-même quelquefois oblique; ce qui fait que la pression verticale n'est plus qu'une composante de cette dernière. Il résulte du premier vice que la soupape est plus chargée d'un côté que de l'autre; qu'alors le côté le moins chargé se soulève, et donne issue à la vapeur en quantité d'autant plus considérable que la différence de pression est plus grande; le second vice tend aussi à faire lever plus tôt la soupape.

Les industriels, qui ont besoin de toute la pression qui leur est accordée, n'ont d'autres moyens, pour empêcher les fuites par leurs soupapes, que de les surcharger, et s'exposent par là aux amendes et à l'interdiction. Cet état de choses ne peut durer; et, s'il n'y a d'autres moyens pour les industriels, qui ont actuellement des chaudières à vapeur, de se mettre en règle avec l'ordonnance royale qu'en changeant leurs soupapes, il y a un moyen pour les propriétaires à venir de s'éviter tous les désagréments des contraventions; ce moyen est le suivant :

Dans tout marché de chaudières munies de soupapes, il suffit de stipuler que · les soupapes, quand elles auront été vérifiées et poinçonnées par l'administration, ne lèveront pas avant la pression pour laquelle elles ont été poinçonnées.

Alors il faudra que messieurs les chaudronniers se décident à apporter dans la construction des soupapes de sûreté les soins qu'apportent MM. Sorel, Chaussenot et autres dans la construction des leurs qui lèvent exactement.

Après avoir indiqué le mal, il serait peu généreux de laisser ignorer le remède à ceux dont l'état est de construire ces appareils.

Il est un moyen bien simple de faire une soupape qui ne lève exactement que sous la pression pour laquelle elle a été poinçonnée. Pour cela, il suffit de lui donner une forme analogue à celle représentée dans la figure (pl. 3).

Cette soupape diffère essentiellement de celle faisant partie des dessins annexés à l'ordonnance royale du 22 mai 1843 par divers points, savoir :

La soupape de l'ordonnance royale est à ailettes; celle que nous indiquons est à lanterne. La soupape à ailettes n'est pas mise sur le tour pour l'ajustage des ailettes; c'est à la lime que cette opération se fait; sur le tour, l'outil ne produirait rien de régulier, à cause des chocs successifs qu'il éprouverait de la part des ailettes. De là, que le dessus soit tourné ou non, il est certain que son axe de rotation n'est pas le même que celui de la surface extérieure des ailettes; et alors, quand ces dernières entrent dans leur orifice, l'axe de la soupape ne coïncide pas exactement avec celui de l'orifice.

Digitized by Google

Quand la soupape est à lanterne, on tourne le tout ensemble ; donc déjà les axes coïncident.

Le second point par lequel notre dessin diffère du dessin précité, c'est que la tête de la soupape est munie d'une tige terminée par un cône renversé, dont le sommet est au-dessous du plan de contact de l'anneau de recouvrement. Dans ce cône se loge un petit cylindre terminé par deux cônes, dont le sommet supérieur vient porter sur le levier en un point marqué au pointeau, et d'une profondeur suffisante.

De cette manière, la pression du levier sur la soupape a lieu exactement au centre, et la soupape lève avec une précision mathématique.

Notons que cette disposition n'augmente nullement le prix de revient pour le fabricant.

Une dernière précaution à prendre pour les supports de soupapes de sûreté est de donner une épaisseur suffisante à la bride, sans quoi elle se voile par le serrage des écrous, et l'orifice devient ovale.

§ 2. *Flotteur d'alarme.* — Nous n'avons aucune observation à faire sur les manomètres et les indicateurs du niveau de l'eau. Nous allons seulement dire quelques mots sur le flotteur d'alarme.

Le système de flotteur d'alarme de M. Bourdon (pl. 3, fig. 2, 3, 4), proposé par l'administration, présente l'inconvénient d'avoir tout son mécanisme à l'intérieur de la chaudière.

Pénétré de la difficulté qu'éprouvent quelquefois les industriels à faire usage d'un appareil de ce genre, quand les eaux qu'ils emploient déposent beaucoup, nous avons proposé le flotteur d'alarme représenté dans les fig. 5 et 6, dont tout le mécanisme est à l'extérieur de la chaudière.

Depuis, la plupart des mécaniciens ont adopté cette disposition, qui est préférée par les chauffeurs, et coûte moins cher que la précédente.

III. Tuyauterie et robinetterie.

Les tuyaux sont des conduits à l'usage des liquides et des gaz ou vapeurs.

Ils se construisent généralement en métal ; quelquefois cependant on en rencontre en bois et même en béton pour la conduite des eaux.

Les métaux les plus usités pour construction des tuyaux sont les suivants : la fonte, le cuivre, le fer, le plomb.

Les tuyaux en fonte sont les seuls qui nous occuperont ici, attendu que les autres sont l'objet de fabrications spéciales, tandis que les premiers se confectionnent dans les ateliers de construction, et jouent un grand rôle dans les machines à vapeur.

On distingue deux espèces de tuyaux en fonte, savoir : les tuyaux à brides (fig. 7, 8, 9), les tuyaux à emboîtures (fig. 10, 11, 12, 13, 14).

Les tuyaux à brides (fig. 15, 16) s'emploient toutes les fois que l'on n'a pas à craindre l'influence de la dilatation ou de la contraction du métal par les variations de température.

Les tuyaux à emboîtures s'emploient dans le cas contraire.

Souvent une conduite se compose de tuyaux à brides et à emboîtures, les derniers se trouvant placés de distance en distance pour annuler les effets de la dilatation ou de la contraction sur une longueur donnée.

Quel que soit le système d'assemblage des tuyaux entre eux, il faut avoir soin, quand on en fabrique, de les munir, de demi-mètre en demi-mètre environ, de bagues extérieures, dont le but est, tout en les consolidant, de lutter contre l'influence du retrait après la coulée.

Les brides se font de la manière représentée dans la figure 9. A la partie extérieure de la bride est une partie tournée destinée à joindre exactement avec la partie de la bride d'assemblage, et à rendre le joint parfaitement étanche. L'épaisseur de la bride est un peu plus forte que celle du tuyau, et le raccordement intérieur se fait au moyen d'un petit congé, qui empêche la rupture de la pièce en cette partie délicate au moment du retrait.

Les tuyaux à emboîtures se font de trois manières :

1° S'ils sont destinés simplement à conduire de l'eau, on leur donne la forme représentée dans la figure 14. La jonction se fait au moyen d'étoupes et de plomb fondu ou mastic de fer.

2° S'ils sont destinés à conduire de la vapeur, on leur donne la forme représentée dans les fig. 10, 11, 12 et 13 ; les parties qui emboîtent sont tournées et alésées juste, de manière qu'il suffit d'une quantité très faible de mastic de minium pour opérer la fermeture exacte.

3° Lorsqu'ils sont destinés à établir la communication entre des prises de vapeur très rapprochées, on leur donne la forme représentée dans les fig. 15 et 16. C'est un véritable stuffing-box, dont les surfaces en contact peuvent être tournées et alésées ou brutes à volonté.

Tous les calculs n'aboutiraient à rien pour déterminer l'épaisseur à donner aux tuyaux, par la raison que cette épaisseur est principalement déterminée par la fonderie et la fragilité de ces pièces. Néanmoins, il est bon de dire que, pour les gros diamètres, lorsqu'il y a de fortes pressions à supporter, il faut calculer cette épaisseur. Alors on a recours, pour la vapeur, à la règle prescrite par l'instruction ministérielle qui accompagne l'ordonnance royale du 22 mai 1843, relative aux appareils à vapeur en général. Dans cette instruction, il est dit que l'épaisseur de la fonte doit être égale à cinq fois ce que serait celle d'un tuyau en tôle destiné au même usage. Or, pour déterminer l'épaisseur à donner aux parois des chaudières en tôle de fer, on a la formule :

$$e = \frac{18\,d\,(n-1) + 3000}{1000}$$

dans laquelle on représente par e, l'épaisseur en millimètres ; d, le diamètre intérieur du tuyau en mètres ; n, la pression intérieure en atmosphères.

Pour une conduite d'eau, ce résultat est certainement trop fort ; mais nous ne pouvons prendre sur nous de spécifier exactement dans quelle proportion il doit être réduit.

Les tuyaux seuls ne suffiraient pas à tous les cas de conduite des fluides. Lorsqu'il y a des changements de direction de la conduite, on emploie des coudes. Lorsque l'on veut relier un tuyau à bride avec un tuyau à emboîture, on emploie des emboîtures. Les coudes et les emboîtures sont des pièces dont toutes les proportions sont les mêmes que celles des tuyaux ; seulement, chez les premiers, la direction forme un arc de cercle ; chez les seconds, la longueur est aussi petite que possible.

Parmi les coudes, on distingue : les coudes à deux brides ; les coudes à emboîtures ; les coudes à bride et emboîture.

Nous dirons peu de mots sur la robinetterie, qui comprend tous les appareils propres à établir ou intercepter la communication entre deux portions d'une conduite.

Pour la vapeur, on emploie, suivant les cas, les robinets représentés dans les fig. 17, 18, 19, 20, 21, 22, dits à deux ou trois eaux, suivant le nombre des tubulures ; on emploie aussi fréquemment, pour de grandes conduites de vapeur, les soupapes représentées dans les fig. 23 et 24.

Les robinets pour eau diffèrent peu de ceux pour

Digitized by Google

conduites de vapeur; la clef et le boisseau sont plus longs, et l'œil est moins large. Dans les grandes conduites d'eau, on emploie le robinet représenté dans les fig. 25 et 26, ou bien celui représenté dans les fig. 27, 28, 29, 30, lequel porte le nom de robinet à vanne; ou bien encore celui représenté dans les fig. 31 et 32, lequel porte le nom de robinet à clapet.

IV. Distributeurs.

On distingue trois espèces de distributeurs, savoir :
Les tiroirs en coquille;
Les tiroirs en D couché;
Les soupapes.

Dans l'origine des machines à vapeur la distribution se faisait au moyen de robinets, d'abord simples, un pour chaque orifice d'introduction de la vapeur dans le cylindre; puis ensuite doubles, c'est-à-dire à quatre voies, servant à la fois aux deux orifices. M. Maudslay a conservé longtemps cette dernière disposition (pl. 4, fig. 1 et 2) dans ses machines; puis enfin, l'a abandonnée pour le tiroir.

Après lui, M. Cavé a employé aussi pendant longtemps les robinets (fig. 3) pour distribuer la vapeur dans les machines oscillantes; puis, comme son devancier, a fini par se rendre au tiroir.

Le robinet serait sans doute le distributeur le plus simple et le plus économique; mais le frottement énorme qu'il faut faire subir à la clef, dans son boisseau conique, pour qu'il n'y ait pas de fuites, ne tarde pas à faire gripper les deux parties l'une sur l'autre et à les user considérablement; alors la vapeur s'échappe de toutes parts et il faut arrêter la machine pour roder. Afin d'éviter l'inconvénient des robinets, on a d'abord essayé de les remplacer par des portions de robinets se mouvant dans une boîte à vapeur dont l'une des parois était cylindrique et avait pour axe l'axe même du distributeur; mais cette disposition, plus vicieuse que la précédente, en ce qu'elle était fort difficile à exécuter, rendait impossible le rodage des deux parties frottantes et tenait encore moins la vapeur.

C'est alors qu'on fit le tiroir à coquille, qui serait certainement le meilleur distributeur s'il pouvait s'appliquer à tous les cas; mais, malheureusement, ce qui fait son mérite pour les petites machines devient un défaut quand on l'applique aux grandes.

Tiroir à coquille pour machines sans détente (fig. 4). Le tiroir à coquille consiste en une plate-forme A mobile, sur une seconde plate-forme B fixe, avec laquelle elle coïncide parfaitement.

Dans la plate-forme B sont pratiqués trois orifices, dont deux, *a* et *b*, correspondent avec les extrémités du cylindre; et le troisième, *c*, avec le condenseur ou l'atmosphère. Ces orifices portent le nom de lumière du tiroir. Le tiroir A est évidé intérieurement d'une quantité suffisante pour établir la communication entre l'orifice *c* et l'un des deux orifices *a* ou *b*. La longueur totale du tiroir est telle que, quand l'un des orifices *a* ou *b* communique avec l'orifice *c*, l'autre communique avec l'intérieur de la boîte à vapeur C.

Le contact des surfaces a lieu par la seule pression qu'exerce la vapeur sur le tiroir; si ces surfaces sont bien rodées, il ne se perd pas la moindre quantité de vapeur, et si par hasard il s'en perd, cette vapeur ne s'échappe pas dans le local de la machine.

On conçoit maintenant que le tiroir en coquille n'admette pas de grandes dimensions. En effet, la pression de la vapeur sur cette pièce, étant proportionnelle à sa surface, il arrive un point où cette dernière est assez grande pour que le frottement résultant de la pression de la vapeur, rende impossible la manœuvre du tiroir à la main; ce qui indique déjà que le travail, absorbé par la distribution, est assez considérable; inconvénient qu'il faut éviter autant que possible.

Le célèbre Watt a alors imaginé le tiroir, représenté dans les fig. 16 et 17, qui, par sa disposition, jouit de la propriété de n'éprouver aucun frottement par suite de la pression de la vapeur.

C'est un cylindre creux à base demi-circulaire muni de deux plates-formes mobiles sur deux autres plates-formes fixes, correspondant chacune à une lumière de distribution. En A et B sont deux garnitures d'étoupes interceptant la communication entre la portion de la boîte à vapeur que comprennent les garnitures et les portions extérieures de ladite boîte.

L'arrivée de la vapeur ayant lieu par l'orifice E, la sortie ayant lieu par l'orifice H, et les lumières de distribution étant D et G, on voit d'après la figure, qui représente le tiroir en bas et en haut de sa course, comment la distribution se fait.

Ce tiroir a longtemps été employé dans les machines à vapeur, puis on a fini par y renoncer à cause d'un inconvénient grave qu'il présente, savoir :

Quand on a suffisamment rodé à froid le tiroir sur ses plates-formes, il y a coïncidence parfaite, et il semble que la distribution va se faire d'une manière très satisfaisante. Eh bien, il arrive fort souvent que le contraire a lieu; le tiroir perd de la vapeur, quelque soin que l'on mette à serrer les garnitures. Cela tient à ce que, en s'échauffant, il ne se dilate pas régulièrement et se voile, d'où résulte qu'il n'y a plus qu'un côté qui porte en plein sur sa plate-forme.

Quand ce défaut a été bien constaté, on a imaginé de couper le tiroir en deux et de rendre ainsi les deux plates-formes mobiles indépendantes; de là est résulté le tiroir en D couché.

Dans les machines à détente et à tiroir, la détente s'effectue de trois manières principales, savoir :

1° Au moyen d'un tiroir à recouvrement;
2° Au moyen de deux tiroirs;
3° Au moyen d'un tiroir et une soupape.

Les fig. 5, 6, 7, 7 bis, 8, 9, 10 représentent une détente par tiroir à recouvrement employée dans les locomotives par MM. Sharp et Roberts, de Manchester.

Le vide du tiroir est égal à la distance entre les deux lumières d'introduction; le plein est égal à une fois et demie la largeur des lumières d'introduction. La course est de 105 millimètres, l'avance est de 25 avec recouvrement total; ce qu'indiquent bien les deux figures 7 et 9, représentant le commencement de l'exhaustion et le commencement de l'introduction. La lumière d'exhaustion est très large et prend sur les deux pleins qui la comprennent.

Quand le piston part, la lumière qui correspond avec l'exhaustion est déjà ouverte à moitié, alors elle s'ouvre tout entière, et celle d'introduction s'ouvre aux trois quarts (fig. 5, 6). Arrivé à ce point le tiroir change de direction: on voit par là que l'exhaustion est toujours très libre.

La détente, au moyen d'un seul tiroir à recouvrement, est généralement fixe. Quelques mécaniciens de Paris l'ont rendue variable, mais seulement quand la machine est arrêtée; pour cela ils ont disposé leurs excentriques, de manière à pouvoir changer de formes. La fig. 11 indique un excentrique de ce genre inventé par M. Tamizier.

La détente, au moyen de deux tiroirs, s'effectue de deux manières, savoir :

1° Ou les tiroirs sont chacun dans une boîte à vapeur;
2° Ou les tiroirs sont superposés dans la même boîte.

La première (fig. 12) a été exécutée pour la première fois par M. Saulnier (de la Monnaie), et existe dans toutes les machines à détente de cet habile mécanicien.

La seconde, dont MM. Tamizier et Charpin se dispe-

Digitized by Google

tent l'idée première, a été exécutée pour la première fois par MM. Tamizier, en 1830, puis perfectionnée par MM. Farcot, Edwards, Pauwels, Galafent, Trésel, Meyer et Jullien.

On a vu à l'article DÉTENTE les systèmes de MM. Farcot et Meyer, nous n'y reviendrons pas. Le système de M. Edwards, qui n'y figure pas, quoique bien connu, a été abandonné comme augmentant sans avantage la difficulté et le prix *de revient de l'exécution*.

Les systèmes de MM. Pauwels, Galafent, Trézel (fig. 14, 15), sont à peu près identiques. Ils diffèrent des systèmes Farcot et Edwards, en ce que le tiroir supérieur a une tige et est mû par un excentrique comme l'autre; la détente est variable, dans ces systèmes, par le changement de position de l'excentrique du petit tiroir.

Quant à notre système, il diffère peu de celui de M. Farcot, quand la machine est horizontale (fig. 13, 13 bis); pour les machines verticales, il en diffère essentiellement, comme on va le comprendre.

Le grand inconvénient qu'a toujours présenté le système de détente à deux tiroirs superposés, dont un libre, c'est de n'avoir aucun moyen certain de maintenir à sa place normale le tiroir supérieur, quand le cylindre est vertical. MM. Farcot et Edwards emploient des ressorts; nous les avons aussi employés et y avons renoncé, parce qu'il arrive toujours un moment où les ressorts se détendent, et alors le tiroir tombe.

Pour éviter cet inconvénient qui met la machine dans l'impossibilité de marcher régulièrement et l'expose à des chômages continuels pour réparation du tiroir, nous avons fixé (fig. 13) le petit tiroir à une tige située à l'intérieur de celle du gros tiroir. La partie supérieure de cette dernière tige est munie d'un stuffing-box dans lequel la petite tige glisse à frottement plus ou moins doux, suivant le besoin. L'appareil de mouvement du petit tiroir se trouve alors relégué en dehors, et non seulement le petit tiroir n'est plus exposé à tomber, mais encore, si par hasard cela lui arrive, on peut le voir de suite et y remédier en serrant le chapeau du stuffing-box sans même arrêter la machine.

Notre tiroir supérieur diffère de celui de M. Farcot, en ce qu'il est d'une seule pièce, et de celui de M. Edwards, en ce qu'il est à recouvrement de l'une des lumières quand l'autre est ouverte. Cette particularité nous paraît indispensable, par la raison que, quand on détend seulement au 1/4, il y a rentrée de la vapeur à la fin de la course avec le tiroir sans recouvrement.

On voit, dans la fig. 13, que les lumières du cylindre ont une largeur double de celle des lumières du tiroir inférieur. Il suffit d'une épure pour se convaincre que plus les lumières du cylindre sont grandes, les autres restant fixes, plus le point auquel on peut détendre avec ce système est élevé. Mais l'augmentation de largeur des lumières du cylindre amène une augmentation de course du tiroir et une augmentation de toutes les dimensions, ce qui fait qu'on s'en tient au double.

La détente, par les tiroirs superposés, présente cet avantage qu'elle peut varier à chaque instant sans qu'il y ait nécessité d'arrêter la machine. En effet, il suffit pour cela de changer la position du taquet qui limite la course du petit tiroir, soit à la main, soit au moyen du pendule conique. Dans ce cas, on supprime la valve de gorge, et la vapeur entre toujours dans le cylindre à la même pression.

La détente par tiroir et soupape s'est faite de plusieurs manières; la plus remarquable est celle de M. Meyer. Elle consiste en un tiroir ordinaire dont la boîte reçoit la vapeur d'une soupape mise en mouvement par la tige du pendule conique. Cette tige est munie d'un manchon conique, mobile par le pendule, et muni, sur deux de ses génératrices opposées, de renflements qui sont destinés à agir sur un collier fixé à l'extrémité de la tige de la soupape. Quand le pendule marche lentement, le grand diamètre du cône est dans le collier, et alors l'ouverture de la soupape est grande et de longue durée; quand le pendule, au contraire, marche vite, le manchon lève et ne présente plus au collier que son petit diamètre, ce qui produit une ouverture de soupape étroite et de courte durée.

Tiroir en D couché. Ce tiroir (pl. 5, fig. 1), qui ne diffère du tiroir de Watt (pl. 4, fig. 16, 17) qu'en ce qu'il ne sert que pour une seule lumière de distribution, est employé dans la plupart des machines fixes dont la force dépasse trente chevaux, et notamment dans les machines de bateaux. Muni d'une bonne garniture, ce distributeur est excellent; son seul inconvénient, par rapport au tiroir en coquille, c'est d'être obligé d'avoir une garniture. On le construit, tantôt en fonte, tantôt en bronze; pour la marine c'est toujours en bronze qu'il le faut, à cause des eaux salées.

Soupapes. Le mouvement des tiroirs est généralement communiqué par des excentriques montés sur l'arbre principal de la machine. Or, quand les machines sont destinées à mouvoir des pompes ou des soufflleries à piston, en un mot, lorsqu'elles n'ont pas d'arbre à mettre en mouvement, il faudrait, pour le cas de distribution par tiroirs et excentriques, en ajouter un exprès, muni de tous ses accessoires, c'est-à-dire, une bielle, une manivelle et un volant. Non seulement cette disposition serait coûteuse, prendrait une place quelquefois nécessaire pour autre chose, mais, ce qui est le plus grave, condamnerait à un mouvement continu des pièces qui ont quelquefois besoin d'un repos à chaque extrémité de la course comme nous le verrons plus tard.

Il serait bien un moyen fort simple de mouvoir les tiroirs par d'autres appareils que des excentriques, ce serait de leur appliquer l'appareil de mise en mouvement de soupapes; on ne le fait pas généralement, bien que ce soit une assez bonne disposition.

Ce sont les soupapes que l'on emploie pour effectuer la distribution de la vapeur dans les cylindres des machines sans rotation.

Il existe trois espèces de soupapes généralement admises pour cette opération, savoir :

Les soupapes *plates*, dites soupapes *enfilées*;

Les soupapes à *garniture*;

Les soupapes à *lanterne*.

Les *soupapes enfilées* (fig. 2), dont on comprend le mode d'action, à l'examen seul de la figure, sont des soupapes ordinaires munies de tiges concentriques se levant alternativement pour faire communiquer successivement l'orifice de distribution A du cylindre, tantôt avec la chambre B, dans laquelle arrive la vapeur de la chaudière, tantôt avec la chambre C par laquelle la vapeur se rend au condenseur.

Ces soupapes ferment très bien et résistent assez longtemps, aussi sont-elles employées dans bon nombre de fortes machines; mais elles présentent un inconvénient résultant de leur disposition même : la vapeur opère sur leur surface une pression qui nécessite une certaine dépense de travail pour leur manœuvre.

A basse pression, ce travail est peu de chose, et elles sont préférables, avec leur inconvénient, à toutes celles qu'on pourrait leur substituer; mais à haute pression, elles ne sont pas tolérables; aussi est-ce pour cela que l'on a imaginé les deux autres espèces sus-mentionnées.

On remédie, en partie, à la difficulté de la manœuvre de ces soupapes par l'addition du piston P, sur la tige de la soupape inférieure, et le tuyau D de communication entre la chambre A, et la partie inférieure de P. Il résulte de là que les pressions sur la soupape et le piston étant égales et contraires, il y a équilibre, et le soulèvement de cette soupape n'absorbe presque pas de force.

Digitized by Google

Les *soupapes à garnitures* (fig. 3), consistent en un cylindre vertical, creux et mobile, dont la partie inférieure porte sur une embase conique.

La vapeur arrive dans la chambre A et entre dans le cylindre par l'orifice B, quand la soupape est levée. Une soupape absolument semblable à celle de la figure sert pour l'envoi de la vapeur au condenseur.

Bien que la manœuvre des soupapes à garniture soit presque nulle, et que leur mode de fermeture soit assez satisfaisant, elles sont fort peu employées. Cela tient beaucoup à ce qu'elles ressemblent un peu au tiroir en D couché qui leur est de beaucoup préférable.

Les *soupapes à lanternes* (fig. 4) ont été employées pour la première fois dans les machines d'épuisement des mines du Cornwall. Comme celle des précédentes, leur manœuvre ne subit en rien l'influence de la pression de la vapeur, l'ouverture ayant lieu latéralement.

Il serait difficile de dire positivement laquelle des deux soupapes, à *garniture* ou à *lanterne*, est préférable pour haute pression; car, pour basse pression, il n'y a rien de mieux que les soupapes enfilées. Si, d'une part, la soupape à garniture présente l'inconvénient d'exiger le soulèvement plus ou moins fréquent du couvercle de la boite à vapeur, soit pour le serrage, soit pour la visite de ladite garniture; d'autre part, la soupape à lanterne en présente un autre qui provient précisément de l'absence de garniture, à savoir, d'être munie de deux parties coniques pour opérer la fermeture.

Avec les soupapes à garniture la fermeture est toujours exacte, parce qu'il n'y a qu'à presser pour l'obtenir, tandis qu'avec les soupapes à lanterne, la fermeture n'est exacte qu'autant que le contact du cône supérieur a lieu en même temps que celui du cône inférieur. Il est facile, certainement, d'obtenir ce résultat par le rodage ; mais pendant combien de temps ce rodage est-il efficace? c'est ce qu'il est bien difficile de dire, la constatation des pertes de vapeur n'étant possible que quand ces pertes sont considérables.

V. Mouvements des distributeurs.

Les appareils de mise en mouvement des distributeurs varient nécessairement suivant la nature de ces pièces.

Pour les tiroirs, qu'ils soient à coquille ou en D couché, l'appareil de mise en mouvement est toujours le même; dans le cas le plus compliqué, il se compose de :

Un excentrique ;
Un crochet d'excentrique ;
Une manette ;
Un arbre du tiroir ;
Deux leviers du tiroir ;
Deux bielles du tiroir ;
Une traverse du tiroir ;
Une tige du tiroir ;
Un cadre du tiroir ;
Un contre-poids du tiroir ;
Une bielle de dito ;
Un levier de dito.

Toutes ces pièces sont représentées dans les fig. 5, 6, 7, disposées pour une machine à balancier, de 12 chevaux.

La fig. 1 (pl. 5) représente le mouvement de la distribution pour tiroir en D couché.

Pour les soupapes on emploie divers appareils ; les plus remarquables sont ceux représentés dans les fig. 8, 9, 10, 11, 12 (pl. 5), et 1, 2, 3 (pl. 6), savoir :

Fig. 8 (pl. 5), appareil à déclic, par *règle*, pour machine sans *détente*.

Dans la position où le dessin représente les différentes pièces, le piston à vapeur est au milieu de sa course et monte; on a :

A, bielle pour mouvement de la soupape d'exhaustion du bas ;

B, bielle pour mouvement de la soupape d'introduction du haut ;

C, bielle pour mouvement de la soupape d'introduction du bas ;

D, bielle pour mouvement de la soupape d'exhaustion du haut ;

E, E', manettes de mise en mouvement des soupapes ;

F, tige de la pompe à air manœuvrant les manettes ;

G, taquet de la manette E ;

G', taquet de la manette E' ;

H, règle ;

I, I, I, contre-poids ;

K, K, bagues à courroies pour limiter l'ouverture des soupapes.

Fig. 1, 2 et 3 (pl. 6), appareil à déclic, par chiens, pour machine de 500 chevaux à *détente* au quart.

Comme dans la figure précédente, le piston est au milieu de sa course et monte.

Dans ce cas, il y a autant de manettes que de soupapes ; les manettes des soupapes à détente ont une forme différente de celle des autres.

Dans la vue de face (fig. 1), voulant éviter la confusion, nous avons haché les moyeux des bagues communiquant le mouvement aux bielles des soupapes.

On a, comme précédemment :

A, bielle de la soupape d'exhaustion du bas ;
B, bielle de la soupape d'introduction du haut ;
C, bielle de la soupape d'introduction du bas ;
D, bielle de la soupape d'exhaustion du haut ;
E, E'', manettes d'exhaustion ;
E, E', E''', manettes d'introduction et de détente ;
F, tige de la pompe à air ;
G, G', G'', G''', taquets des manettes E, E' E'' E''', affectés des mêmes signes ;
H, H', H'' chiens ;
I, I, contre-poids ;
K, K, K, K, bagues à cuirs pour régler les ouvertures des soupapes ;

Fig. 9, 10, 11, 12 (pl. 5), détails des différentes bagues à cames et à cuirs et des différents chiens.

VI. Modérateurs.

On donne le nom de modérateurs, en général, aux appareils destinés à maintenir la vitesse des machines entre deux limites plus ou moins rapprochées.

Parmi les modérateurs, il en est qui agissent en augmentant les résistances quand la puissance devient prépondérante ; il en est d'autres, au contraire, qui modifient la puissance selon les quantités de travail absorbées par les résistances.

Les modérateurs des machines à vapeur sont de cette dernière classe. Le plus généralement employé est le modérateur de Watt, dit pendule conique à force centrifuge (pl. 5, fig. 14 et 15).

La théorie du pendule conique est la suivante :

1° Vitesse de rotation.

Soit C (fig. 13), le centre du cône dont CD, CE, sont les génératrices mobiles ;

Soit P, le poids de chacune des boules ;

Soit F, la force centrifuge résultant de la vitesse de rotation des boules.

Pour l'équilibre, pendant la rotation, il faut que P et F aient pour résultante une force R ayant pour direction CE, auquel cas on a :

$$R = \sqrt{P^2 + F^2}$$

Les deux triangles semblables CIE, PER donnent :

$$P : F :: CI : IE :: l : r$$

D'où :

$$F = \frac{P r}{l} \quad \ldots\ldots (1)$$

Digitized by Google

Soit t, la durée d'une révolution de la boule, exprimée en secondes; la vitesse de cette boule est :

$$v = \frac{2\pi r}{t}$$

On a, en mécanique, pour expression de la force centrifuge :

$$F = \frac{m v^2}{r}$$

m étant la masse des poids P, et par conséquent égal à $\frac{P}{g}$; g étant l'intensité de la pesanteur $= 9^m,81$, et $\pi = 3,1415926$.

on en déduit :

$$F = \frac{P}{g r} \times \frac{4\pi^2 r^2}{t^2} = \frac{P}{g} \times \frac{4\pi^2 r}{t^2} \quad (2)$$

Comparant les équations (1) et (2), nous en déduisons :

$$\frac{Pr}{l} = \frac{P}{g} \times \frac{4\pi^2 r}{t^2}$$

D'où on tire en divisant par Pr et réduisant :

$$t = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3)$$

Pour le pendule ordinaire, on a :

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

On en déduit que :

Le temps d'une révolution du pendule conique est double du temps d'une oscillation du pendule simple.

Ainsi, la vitesse de rotation du pendule conique n'est pas arbitraire; elle doit être, pour le repos, telle que les boules fassent un tour quand le pendule ordinaire de même longueur fait deux oscillations.

On peut déterminer cette condition soit pratiquement, soit théoriquement.

Pratiquement, en munissant l'arbre, qui communique le mouvement au pendule conique, d'une poulie à différents diamètres; celui pour lequel les boules ne s'écartent pas, mais sont sur le point de s'écarter pendant le mouvement de la machine, est le bon.

Théoriquement, on a, pour un pendule ordinaire dont la longueur est l, comparé au pendule à secondes dont la longueur est L, n et N représentant les nombres d'oscillations dans le même temps :

$$n = \frac{N\sqrt{L}}{\sqrt{l}}$$

Et pour le pendule conique :

$$n' = \frac{N\sqrt{L}}{2\sqrt{l}}$$

Pour le pendule à secondes, on a :

$$L = 0^m,99384$$
$$N = 60 \text{ par minute}$$

$$n' = \frac{60\sqrt{0,99384}}{2\sqrt{l}} = \frac{29,88}{\sqrt{l}}$$

Connaissant n', on a l, et réciproquement.

2° Poids des boules.

Quand r augmente, F augmente, les boules s'écartent, et K monte. Soit q, la résistance opposée par le manchon que supporte le point K, chargé de mouvoir la valve de gorge.

Décomposons q en deux q' et q'' dirigées suivant KG et KF, et transportons les points d'application de ces forces en F et G.

Là elles peuvent se décomposer en deux, savoir : pour q'', une verticale dirigée suivant Fm, et une dirigée suivant FC, détruite par le point fixe C; de même pour q'.

L'angle mFK étant égal à l'angle qKq'', et la droite mq étant parallèle à Fq'', la figure Fm qF est un parallélogramme, donc qK $=$ Fm, donc :

$$Fm = q.$$

Décomposons F $m = q$ en deux autres parallèles, savoir :

p appliquée en D;

p' appliquée en C et détruite par la résistance du point fixe.

On a :

$$p = q\frac{FC}{FD}$$

p s'ajoute à P, mais n'influe en rien sur la masse qui produit la force centrifuge.

L'équation (1) devient :

$$F' = \frac{(P+p)r}{l}$$

et comme on a :

$$F' = \frac{m v'^2}{r}$$

il en résulte :

$$\frac{(P+p)r}{l} = \frac{m v'^2}{r}$$

remplaçant m par $\frac{P}{g}$, et v'^2 par $\frac{4\pi^2 r^2}{t'^2}$, il vient :

$$\frac{(P+p)r}{l} = \frac{P}{g} \times \frac{4\pi^2 r^2}{t'^2} \quad (4)$$

d'où :

$$t' = \sqrt{\frac{P}{P+p}} \times 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Soit v'' la vitesse angulaire, qu'il est facile de déterminer d'après les dimensions de l'appareil et la vitesse de régime V du point T, on a :

$$v'' = \frac{2\pi}{t'}$$

et $$v''^2 = \frac{4\pi^2}{t'^2}$$

remplaçant $\frac{4\pi^2}{t'^2}$ par sa valeur v'' dans l'équation (4), il vient :

$$\frac{P+p}{l} r = \frac{Pr}{g} v''^2$$

d'où :

$$P = \frac{pg}{l v''^2 - g}$$

Jamais, en pratique, on n'a recours à cette formule pour déterminer le poids des boules du pendule conique, non seulement parce qu'elle est inconnue aux mécaniciens, mais encore parce qu'on ignore toujours quelle est la charge exacte du manchon; on préfère donner, comme nous l'avons dit, plusieurs diamètres à la poulie motrice du pendule conique et tâtonner avec la courroie pour trouver la meilleure.

Cette incertitude dans laquelle on est sur les résultats du pendule conique, qui tantôt fonctionne bien, tantôt fonctionne mal, a suggéré à M. Molinié l'idée de le remplacer par un modérateur à soufflet.

L'appareil de M. Molinié n'a qu'un défaut, c'est d'être fort cher; du reste, il fonctionne parfaitement. Sa durée est-elle grande? C'est ce que nous ne pouvons affirmer; c'est un soufflet en cuir qu'il faut éloi-

Digitized by Google

gner autant que possible de la chaleur. Le pendule conique, sur ce point, a l'avantage, parce qu'il ne s'use pas ou à peu près pas.

VII. Cylindres et corps de pompe.

Nous comprenons sous cette dénomination la série des pièces alésées cylindriquement pour recevoir un piston se mouvant dans leur intérieur.

De tous les cylindres et corps de pompes, le plus difficile à exécuter est le cylindre à vapeur (pl. 6, fig. 4, 5 et 6).

Quand les machines sont à tiroir, il est muni de conduits pour la vapeur qui se coulent avec lui (fig. 4 et 5).

Quand les machines sont à soupapes, ces conduits n'existent plus; mais alors ce sont généralement de grands diamètres et de grandes courses qui augmentent la difficulté.

Dans les cylindres, pour tiroir à coquille, il est important de donner aux conduits des sections égales à celles des lumières; pour cela, au lieu de leur donner même largeur et même épaisseur qu'à ces dernières, ce qui nécessiterait des noyaux très minces et occuperait trop de place extérieurement, on leur donne moins de largeur et plus d'épaisseur.

Le conduit de l'exhaustion est celui qu'il est le plus difficile de faire suffisamment grand; alors on prend un peu sur l'épaisseur du cylindre, ce qui se fait bien aussi pour les conduits, et, autant que possible, on permet à la vapeur de s'échapper des deux côtés de la boîte à vapeur.

Quand un cylindre est alésé assez profond pour qu'il n'y ait plus de soufflures apparentes, on tourne les parties des brides extérieures pour recevoir le fond et le couvercle préalablement tournés aussi. Cette disposition a non seulement l'avantage de rendre inutile l'emploi du plomb et du mastic pour faire la fermeture, mais encore de rendre le montage plus facile, les positions relatives du cylindre et du fond étant déterminées.

Quand on veut mettre des enveloppes aux cylindres, la meilleure disposition est celle de la fig. 6.

VIII. Pistons.

Il existe trois espèces de pistons, savoir :

Les pistons à vapeur; les pistons à eau; les pistons à air.

Dans les trois cas, il existe deux parties principales, savoir :

Le corps du piston; la garniture du piston.

§ 1er. *Pistons à vapeur.* — Dans l'origine, ces pistons se construisaient en fonte avec garniture en chanvre (pl. 7, fig. 1, 2). Tant que l'on n'a fait usage que de machines à basse pression, ils ont donné des résultats satisfaisants, bien que la garniture se déchirât souvent aux soufflures que l'alésage du cylindre rend apparentes, et qu'il n'est pas toujours possible de boucher avec du plomb.

Mais quand on a voulu appliquer ce genre de pistons à la haute pression, la surface du chanvre se carbonisant légèrement, l'action des éraillures du cylindre était bien plus active, et il fallait changer les garnitures beaucoup trop souvent.

Alors on imagina d'employer les pistons à garniture de chanvre recouverte d'un cercle de fonte (fig. 3, 4).

Cette disposition, qui est encore exclusivement employée par beaucoup de constructeurs, est fort bonne en ce que :

1° Elle est peu coûteuse;

2° Elle ne manque jamais;

3° Quand l'obturation n'est plus assez complète, il suffit de changer la garniture.

Aussi la préférons-nous de beaucoup pour les usines éloignées des ateliers de construction.

Les cercles superposés à la garniture sont en fonte, tournés sur toutes les faces, d'un diamètre supérieur à celui qu'ils doivent avoir dans le cylindre, afin que coupés et réduits au diamètre nécessaire, ils aient une certaine élasticité.

Le serrage du piston de la fig. 3 diffère de celui du piston précédent, en ce que les boulons se vissent dans des écrous en fer rapportés, ce qui est bien préférable au taraudage dans la fonte.

Pour empêcher les têtes des boulons de tourner, au lieu d'un cercle de fer que l'on met ordinairement, nous avons mis une plaque de fonte, percée de trous disposés pour recevoir les têtes de boulons; de cette manière, le vide que laissent ces têtes au-dessus du piston est comblé, ce qui est autant d'économisé pour la vapeur.

Après les pistons à garniture mixte vinrent les pistons à garniture métallique. Ces derniers, qui sont sans contredit les meilleurs, quand ils sont bons, ont été construits et se construisent encore de diverses manières.

La première et la plus ancienne des garnitures métalliques, est celle dite à ressorts à boudins (fig. 5, 6).

Elle consiste en deux anneaux superposés et composés chacun de deux rangs de segments en acier serrés contre le cylindre par des ressorts à boudins en acier.

Ce mode de garniture est bon, bien que souvent les ressorts perdent de leur élasticité. Ce qu'il faut surtout éviter, dans ce genre de pistons, c'est l'encrassage qui rend à la longue les segments immobiles.

Ensuite est venu le piston à cercles (fig. 7, 8), analogue au piston à garniture mixte, et composé de deux cercles concentriques tournés sur un diamètre plus fort et coupés de manière à être rendus élastiques.

Ce système de garniture ne présente pas, à notre avis, assez de stabilité pour ne pas occasionner des fuites de la vapeur au travers de la garniture.

On a ensuite imaginé la disposition des fig. 9, 10, qui est une légère modification de celui de la fig. 5, mais présente l'inconvénient de rayer le cylindre

Une des meilleures dispositions pour garnitures métalliques, est celle des fig. 11, 12, qui dérive à la fois et de la précédente et de celle de la figure 5. La garniture est moins susceptible de s'encrasser que celle de la fig. 5, seulement elle coûte cher.

Enfin, depuis quelque temps on semble revenir à la disposition de la fig. 9 qui avait été délaissée. Elle a été adoptée pour les pistons des appareils moteurs de 450 chevaux commandés par la marine royale.

§ 2. *Pistons à eau.* — Les pistons à eau se divisent en pistons pleins, pistons à clapets.

Les pistons pleins, dits aussi pistons foulants, se construisent de deux manières, suivant leurs diamètres.

Pour de petits diamètres, comme ceux employés à l'alimentation des chaudières, on emploie les pistons pleins sans garniture. L'obturation a lieu dans ce cas au moyen d'un stuffing-box adapté au corps de pompe.

Pour de grands diamètres, on les fait en fonte, d'une ou deux pièces, et on les munit d'une garniture en chanvre.

Les pistons à clapets, dits aussi pistons élévatoires, se construisent de différentes manières, suivant les diamètres des corps de pompe.

Pour les petites pompes à eau, on emploie les pistons à garniture de chanvre (fig. 13, 14, 15, 16) ou les pistons à garniture de cuir (fig. 17, 18, 19, 20).

Pour des diamètres un peu grands, on emploie les pistons à garniture de cuir embouti (fig. 21, 22, 23), ou encore les pistons à garniture de cuir découpé.

Pour les pompes à air, on emploie généralement le piston à garniture de chanvre et à clapets métalliques.

Digitized by Google

§ 3. *Pistons à air.* — Il n'existe qu'une forme pour les pistons à air se mouvant dans des cylindres en fonte, c'est celle représentée dans les fig. 24, 25, 26, 27.

Le corps du piston est en fonte; la garniture est en cuir, maintenue en place par des segments en bois que serrent des boulons à deux écrous assemblés à baïonnette avec le corps du piston.

Le but des boulons à deux écrous est le suivant. Comme il arrive souvent qu'un écrou se desserre, si les boulons étaient à tête et à écrou, l'écrou se desserrant, la tête ne serrerait plus, et au lieu d'une portion de la garniture mal serrée on en aurait deux. Avec l'emmanchement à baïonnette, l'un des écrous peut se desserrer sans que l'autre cesse d'agir de son côté; il est bon néanmoins, pour que cela arrive comme nous le disons, que la saillie du boulon n'ait pas de jeu de haut en bas dans la mortaise où elle vient se loger.

IX. Tiges.

Ce sont généralement des pièces cylindriques en fer forgé, destinées à transmettre le mouvement soit d'un piston à vapeur, soit à un piston de pompe. A cet effet, elles se terminent le plus souvent, d'une part, par une embase conique percée d'un trou de clavette destinée à se loger dans l'épaisseur du piston; d'autre part, par une tête propre à recevoir une douille.

Les tiges ont à résister tantôt à la traction seulement, tantôt à la traction et à la pression. Dans le second cas elles doivent être d'un diamètre beaucoup plus fort que dans le premier.

La formule de *Tredgold*, relative aux pièces soumises à l'écrasement, exprimée en mesures françaises, devient, pour le fer :

$$P = \frac{267\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}00034\ l^2}$$

Dans cette formule P est la charge réelle exprimée en kilogrammes; d est le diamètre et l la longueur de la tige exprimée en centimètres.

De plus on a trouvé par expérience que le diamètre d'une tige de piston à vapeur de machine à basse pression devait être égal au $\frac{1}{10}$ du diamètre de ce piston. Si nous comparons ces deux résultats nous trouvons que : 0,785 D^2 étant la surface d'un piston à basse pression en centimètres carrés, et d le diamètre de la tige.

La pression de la vapeur sur cette surface est $1^k{,}032 \times 0{,}785\ D^2$.

La longueur d'une tige de piston à basse pression est égale à trois fois le diamètre de ce piston 3 D.

On a, d'après la formule ci-dessus :

$$0{,}811\ D^2 = \frac{267\ d^4}{1{,}24\ d^2 + 0{,}00034 \times 9\ D^2}$$

Si la formule est d'accord avec le résultat pratique, la valeur $d = \frac{1}{10}\ D$ substituée dans cette équation doit la satisfaire; or, on a, pour $d = \frac{1}{10}\ D$:

$$0{,}811\ D^2 = \frac{0{,}0267\ D^4}{0{,}0124\ D^2 + 0{,}00306\ D^2}$$

ou : $$0{,}811 = 1{,}7$$

Nous déduisons de là que la valeur affectée au diamètre d de la tige du piston à basse pression est supérieure à celle que donnerait la formule de Tredgold. Cela tient à ce que la tige du piston est mobile, tandis que la formule est pour des pièces fixes.

Si les tiges n'ont à résister qu'à la traction on calcule leur section au moyen de la formule :

$$S = \frac{3\ P}{4300} = \frac{P}{1433}$$

Dans laquelle S représente la section en centimètres carrés, P la charge à supporter, 4300 la charge moyenne, par centimètre carré, correspondant à la rupture; si on remplace S par 0,785 d^2, on trouve :

$$d = \frac{\sqrt{P}}{33} \text{ en centimètres.}$$

Si la tige était en bronze, il faudrait remplacer, dans la formule, le nombre 4300 par 2550.

Si la tige était en acier de cémentation par 2790
en fonte grise par 1420

L'extrémité d'une tige destinée à entrer dans une douille est toujours d'un diamètre inférieur à celui de la tige, afin que la saillie provenant de la différence des diamètres, vienne butter contre l'entrée de la douille par le serrage de la clavette et évite ainsi le buttage contre le fond de la douille qui est généralement moins résistant. Cette disposition n'a aucun inconvénient pour les tiges calculées d'après la première formule, le milieu de la longueur nécessitant seul le diamètre qu'elle indique; mais elle en aurait un très grand, si on n'y avait égard en calculant le diamètre de la tige d'après la seconde formule.

L'inclinaison de l'embase varie suivant les constructeurs. Mais comme les tiges ne sont pas les seules pièces qui donnent lieu à des assemblages coniques, il est bon d'avoir une inclinaison générale pour tous les cas, afin de rendre aussi peu nombreux que possible le matériel en *lames d'alésoir coniques*.

Nous avons trouvé que, de tous les assemblages à embases coniques, ceux qui présentent le plus d'avantage comme solidité, économie de main-d'œuvre, etc., correspondent à une inclinaison de 1/15.

A 1/10, l'inclinaison est trop forte, l'alésage est difficile et le serrage moins bon; à 1/20 c'est le contraire, le serrage se fait trop facilement et le fer se passe à la filière dans le trou conique.

X. Guides.

Les guides sont des appareils destinés à maintenir rectiligne le mouvement longitudinal d'une tige.

On distingue plusieurs espèces de guides suivant l'importance de la tige qu'il faut maintenir dans sa ligne de mouvement.

Pour tiges de tiroirs on emploie le guide représenté (pl. 8, fig. 2). C'est tout simplement une pièce de cuivre percée d'un trou dont le diamètre est égal à celui de la tige à guider.

Pour tige de soupapes, l'appareil est en fonte et muni d'un petit manchon en cuivre dans lequel se meut la tige et pouvant se changer facilement (fig. 3).

Pour tige de piston à vapeur, la forme des guides varie singulièrement suivant la disposition et la puissance de la machine.

Pour machine horizontale au-dessous de 10 chevaux on emploie un support ordinaire à deux coussinets (fig. 4, 5).

A dix chevaux et au-dessus, on emploie deux barres parallèles et une traverse (fig. 6, 7).

Dans les locomotives on se sert avec avantage des glissoirs et glissières (fig. 8, 9, 10, 11).

Dans les machines à cylindre vertical, sans balancier, on se sert d'un ou deux galets (fig. 12, 13) mobiles dans des coulisses. Dans plusieurs machines on a préféré les glissoirs et glissières aux galets, parce que l'effet de ces derniers, sur les joues de la coulisse, est le même que celui des glissoirs, s'ils n'ont pas un jeu suffisant pour pouvoir ne toucher que d'un côté.

On emploie encore le parallélogramme simple de *Watt* (fig. 14).

Pour machines à balancier on fait usage du parallélogramme double de *Watt* (fig. 15, 16, 17) ou de celui d'*Oliver Evans* (fig. 18).

Digitized by Google

Le premier, qui est le plus employé, ne gouverne pas la tige rigoureusement en ligne droite; il fait décrire à son extrémité une courbe (fig. 19) qui se rapproche tellement de la droite que, en pratique, la différence est insensible.

Le parallélogramme d'Oliver Évans guide la tige parfaitement en ligne droite, mais il nécessite que l'axe principal du balancier, outre un mouvement circulaire alternatif sur lui-même, puisse en prendre un rectiligne alternatif. Il faut alors placer cet axe sur un support mobile, ce qui nuit à la solidité de la machine tout en la compliquant inutilement; aussi ce parallélogramme est-il fort peu employé.

Théorie des parallélogrammes. 1° Parallélogrammes de Watt (fig. 20); soient :

AC, BD, deux règles égales et parallèles pouvant tourner autour des centres fixes A et B.

DC, une troisième règle dont les extrémités sont assemblées à charnières avec les extrémités C et D des règles AC, BD.

Joignons A, B, par une ligne droite, le point d'intersection E des diagonales du parallelogramme ABCD, divise ces diagonales en deux parties égales.

Si on met les règles en mouvement de manière à ce qu'elles décrivent des arcs de cercle, le point E décrit la courbe E' E E", qui se rapproche plus ou moins de la ligne droite suivant les longueurs relatives des leviers AC, BD, et de la traverse CD.

Tout point tel que F, situé sur la diagonale AR, formant avec DC, et l'une des deux droites AC, BD, un parallélogramme, tel que FHDG, décrit une courbe F' F F" semblable à la courbe E' E E".

Pour cela, il suffit de démontrer que :

1° Les trois points F, E, B, restent en ligne droite pendant le mouvement;

2° Les triangles formés par les positions successives de la droite F, E, B, sont semblables.

Le premier fait se démontre en remarquant que, quelle que soit la position du point F, si par ce point et le point B on mène une droite, elle passera toujours par le point E; car GF et DC étant parallèles, on a :

$$BG : BD :: GF : DE.$$

Dans toute autre position, on aurait :

$$BG : BD :: GF : x.$$

x ne peut être autre que DE, les trois autres termes n'ayant pas changé.

La démonstration du second fait est la conséquence de celle du premier. En effet, quelle que soit la position du point F, FGB est toujours un triangle semblable à DEB d'où

$$\frac{GB}{DB} = \frac{FB}{ED} = \frac{F_1B}{E_1B} = \frac{FB}{E_2D}, \text{ etc.}$$

Les côtés des triangles successifs étant proportionnels, les triangles sont semblables, et on a

$$\frac{FF_1}{EE_1} = \frac{F_1F_2}{E_1E_2} = \frac{F_2F_3}{E_2E_3}, \text{ etc.}$$

En pratique, on est dans l'usage (fig. 15) de faire DG = DB = AC, auquel cas le point F tombe en A quand les leviers AC, BD, sont horizontaux.

2° Parallélogramme d'Oliver Évans. Soit AR (figure 21) une ligne droite sur laquelle nous décrivons une circonférence. Imaginons une barre B'D dont la longueur est égale à AB, pouvant tourner autour de son extrémité B' comme centre, laquelle extrémité peut se mouvoir horizontalement sur la ligne AB.

Imaginons également une barre AC' dont la longueur est égale a un demi AB pouvant tourner autour d'un point fixe A et assemblé à charnière avec le milieu C' de B'D.

Joignons AD. Quelle que soit la position du point C' sur l'arc de cercle CC', nous disons que l'angle DAB' est toujours droit.

En effet, les trois points D, A, B', étant situés à égale distance du point C', appartiennent à une circonférence décrite du point C' comme centre avec C'B' pour rayon. Les deux points B' et D étant les extrémités d'un même diamètre, l'angle inscrit DAB' est droit.

Le point D se trouvant constamment sur la perpendiculaire AD élevée sur AB, se meut en ligne droite.

XI. Balanciers.

On donne le nom de balanciers à de grandes pièces longues, mobiles, portées sur un axe placé en leur milieu, dont les extrémités sont animées d'un mouvement circulaire alternatif.

Les balanciers s'emploient pour transmettre le mouvement rectiligne alternatif d'une tige à d'autres tiges ou à une bielle, et réciproquement.

On distingue deux formes principales de balanciers, savoir :

Le balancier droit (fig. 22, 23, 24, 25, 26, 27), qui s'emploie dans les machines à cylindre vertical, dites machines à balancier.

Le balancier à trois branches (fig. 28), qui s'emploie pour machines horizontales transmettant le mouvement à une tige de pompe; ce dernier ne se rencontre guère que dans les mines.

Le premier est tantôt d'une seule pièce, tantôt de deux, appelées *flasques*; le second est généralement à deux flasques, ce qui simplifie l'assemblage de ses tourillons extrêmes avec les têtes des tiges de communication.

Balanciers à une flasque.—Ces balanciers s'emploient généralement pour les machines dont la force est au-dessous de 100 chevaux; cela tient à ce que, dans beaucoup d'usines, on n'a pas de fourneaux assez grands pour couler des balanciers de cette force en une seule flasque. On pourrait croire que la question des transports est pour quelque chose dans l'emploi des balanciers à deux flasques; mais il n'en est rien, attendu que, si on veut qu'un balancier à deux flasques arrive sain et sauf à destination, il faut avoir soin de l'assembler avant de l'expédier, même quand les flasques doivent voyager verticales. Il résulte de là qu'il n'y a pas de raison sérieuse pour ne pas faire tous les balanciers à une seule flasque.

Parmi les balanciers à une flasque, on distingue :

Les balanciers a têtes plates;

Les balanciers à boules.

Les balanciers à têtes plates (pl. 9, fig. 1, 2, 3, 4) consistent en une plaque de fonte aussi mince que possible, munie, de distance en distance, de renflements dans lesquels sont pratiqués les trous où se logent les axes. Le contour extérieur de la plaque représente deux paraboles dont les foyers sont très rapprochés des sommets (forme du maximum de résistance d'une pièce soutenue en son milieu), lesquels sont situés en regard l'un de l'autre au milieu du balancier; des nervures de formes variées relient ensemble les divers renflements de part et d'autre et, de plus, règnent tout autour de manière à donner à la flasque une certaine résistance à la rupture transversale.

Les balanciers à boule diffèrent des précédents en ce que les tourillons extrêmes sont mobiles autour d'un axe (pl. 8, fig. 22, 23) formant l'extrémité du balancier.

Cette disposition a pour but d'éviter la rupture de l'une des pièces d'assemblage, dans le cas où le plan du mouvement du balancier n'est pas exactement le même que celui des tiges ou bielles avec lesquelles il communique.

Il existe plusieurs modes d'assemblage des tourillons extrêmes avec le balancier; dans tous, ils font saillie sur un manchon en fer forgé avec.

Digitized by Google

Dans les fig. 22, 23, 24, 25, 26 et 27, pl. 8, le manchon est maintenu en place par une virole et un goujon en fer.

Les fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11, pl. 9, représentent un détail d'emmanchement à vis de serrage.

La fig. 12 représente un emmanchement à clavette employé dans la machine de Saint-Ouen.

Les fig. 13, 14, 15 et 16 représentent un emmanchement dit à baïonnette.

Enfin les fig. 17, 18, 19 et 20 représentent un emmanchement à axe mobile et clavettes qu'employait M. Edwards, à Chaillot.

De tous ces emmanchements, celui des fig. 22 et 23, pl. 8, et, après lui, celui de la fig. 12, pl. 9, nous paraissent les meilleurs et les plus économiques.

Balanciers à deux flasques.— Ces balanciers (fig. 21 et 22, pl. 9) sont tous à têtes plates ; les axes sont tantôt à un seul, tantôt à deux tourillons, suivant que l'assemblage a lieu avec une bielle ou un parallélogramme.

Les flasques sont reliées entre elles au moyen de boulons carrés à deux écrous et d'entretoises en fonte A; les trous des boulons dans les flasques étant ronds et du même diamètre que les parties taraudées, par conséquent plus petits que le corps des boulons, il en résulte que l'un des deux écrous peut se desserrer et s'en aller sans que l'autre en fasse autant et expose ainsi l'entretoise à tomber sur la tête de quelqu'un.

Calculs du balancier. — Le balancier est doué d'un mouvement circulaire alternatif.

Il est supporté en son milieu par un axe.

Il reçoit son mouvement de la tige du piston par un axe situé à l'une de ses extrémités et communique le mouvement à la bielle par un axe situé à l'autre extrémité.

Il possède, en outre, aux deux quarts de sa longueur deux axes servant à mouvoir l'un la pompe à air, l'autre les pompes d'alimentation.

Sa longueur est égale à trois fois la course du piston, donc six fois le diamètre du cylindre sans détente à condensation.

Diamètres des tourillons des axes.—Les diamètres des tourillons des axes du balancier se déterminent d'après les considérations suivantes :

Le diamètre de la tige du piston étant égal au dixième du diamètre du cylindre à basse pression, la tige du piston supporte une charge de pression et de traction alternatives, égale à $103^k,3$, net 105^k par centimètre carré de section. Si d représente son diamètre en centimètres, elle supporte une charge représentée par

$$105 \times 0.785\ d^2 = 82,5\ d^2.$$

Tourillons des axes extrêmes.—Soit δ le diamètre des tourillons de l'axe extrême du balancier, si on le calcule par la formule de Robertson :

$$\delta = 3,2 \left(\frac{9}{11} \times Q \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dans laquelle Q est la charge totale supportée par l'axe en quintaux métriques, on obtient en substituant :

$$\delta = 2,6\ d^{\frac{2}{3}} \qquad (a).$$

Si, au contraire, on le calcule par la formule

$$P\ l = \frac{R\ \pi\ r^3}{4} = \frac{R\ \pi\ \delta^3}{32}$$

relative aux pièces rondes encastrées par une extrémité et dans laquelle on a :

P, charge quintuplée $= 1/2\ 82,5\ d^2 \times 5 = 206,25\ d^2$;

l, longueur extérieure de l'axe $= 2,5\ \delta$ environ.

R, coefficient pour le fer $= 6,000$.

$\pi = 3,1415926$.

On obtient :

$$\delta = 0,935\ d. \qquad (b).$$

Pour déterminer laquelle des deux formules (a) et (b) est la meilleure, posons :

$$2,6\ d^{\frac{2}{3}} = 0,935\ d.$$

Nous en déduisons :

$$d = 21^c,5.$$

Pour $d = 21^c,5$, les deux formules donnent, pour δ, une même valeur, qui est :

$$\delta = 20^c,15.$$

Faisant $d = 1$ centimètre, il vient :

1° Par la formule (a) $\delta = 2^c,6$.

2° Par la formule (b) $\delta = 0^c,935$.

Nous en déduisons que, au-dessous de $d = 21^c,5$, les valeurs de δ données par la formule (a) sont plus fortes que celles données par la formule (b).

Remarquant que :

1° La formule (a) est pratique et convient particulièrement aux petits diamètres, en ce sens qu'elle a égard, en les renforçant, aux défectuosités du métal qui, chez ces derniers, se manifestent plus promptement que chez les gros ; mais que les dimensions qu'elle donne pour ces diamètres sont trop considérables, comme l'expérience le prouve.

2° Si, dans la formule (a), on remplace le coefficient 2,6 par 2,00, les résultats que l'on obtient sont tout à fait conformes à ceux que l'expérience seule a consacrés.

3° La formule (a), employée pour les gros diamètres, donne des valeurs de δ inférieures à celles que donne la formule (b), qui est théorique, et fait supporter les mêmes charges aux mêmes sections.

Par ces motifs, nous proposons l'adoption de la formule :

$$\delta = 2\ d^{\frac{2}{3}} \ldots\ldots\ldots (c)$$

Pour les diamètres des tourillons extrêmes du balancier, jusqu'à la valeur de d, pour laquelle les deux formules (b) et (c) en donnent une même pour δ, et que nous trouvons en posant, comme ci-dessus :

$$2\ d^{\frac{2}{3}} = d$$

Dans laquelle on remplace le coefficient 0,935 de (b) par 1, et d'où on tire :

$$d = 8 \text{ centimètres.}$$

Ainsi, pour $d < 8$ centimètres,

$$\delta = 2\ d^{\frac{2}{3}}$$

Pour $d > 8$ centimètres,

$$\delta = d$$

On obtient ainsi, en ayant soin de remplacer les nombres qui ne sont pas dans la série des diamètres adoptée par ceux de ces derniers qui en approchent le plus :

Diamèt. du cylindre à basse press. D	Diam. de la tige du piston. d	Diamètre des tourillons extrêmes du balancier. δ	Diamèt. du cylindre à basse press. D	Diam. de la tige du piston. d	Diamètre des tourillons extrêmes du balancier. δ
m.	mm.	mm.	m.	mm.	mm.
0,05	5	12 p^r 13,6	0,45	45	55 — 54,6
0,10	10	20 — 20,0	0,50	50	60 — 58,5
0,15	15	25 — 26,2	0,55	55	60 — 62,4
0,20	20	30 — 31,8	0,60	60	65 — 66,0
0,25	25	35 — 36,8	0,65	65	70 — 69,6
0,30	30	40 — 41,6	0,70	70	75 — 73,2
0,35	35	45 — 46,4	0,75	75	75 — 76,6
0,40	40	50 — 50,4	0,80	80	80 — 80,0

Digitized by Google

Tourillons de l'axe du milieu. En ce qui concerne le diamètre du tourillon de l'axe qui supporte le balancier, la charge sur cet axe se compose de :

1° La charge sur l'axe du cylindre à vapeur;
2° La charge sur l'axe de la bielle;
3° La charge sur les axes des pompes;
4° Le poids du balancier.

Les deux premières charges sont égales, chacune à la charge, sur la tige du piston à vapeur. Si on évalue à une fois cette même charge les deux dernières charges du balancier, il en résulte que l'axe du milieu doit supporter une charge égale à trois fois celle que supportent les axes extrêmes. On a alors les formules :

1° Tourillons des axes extrêmes en fer :

$$\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

2° Tourillons de l'axe du milieu en fer :

$$\delta' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} 3 Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

D'où :

$$\frac{\delta}{\delta'} = \frac{1}{\sqrt[3]{3}}$$

Et $\delta' = 1{,}441\ \delta$

En nombres ronds : $\delta' = 1{,}44\ \delta$ . . . (*d*).

Tourillons des axes des pompes. En ce qui concerne les tourillons des axes des pompes, il est d'usage de leur donner pour diamètre la moitié de celui du gros axe. On a donc :

$$\delta'' = 0{,}5\ \delta. \ldots\ldots (e).$$

Dimensions du balancier. Les dimensions des autres parties du balancier se déterminent de la manière suivante :

Largeur et épaisseur. En ce qui concerne l'épaisseur et la largeur *maxima* du balancier, on a la formule :

$$5\ P\ l = \frac{R\ a\ l^2}{6}$$

Dans laquelle :

$5\ P = 5 \times 82{,}6\ d^2$
$l = 3\ D = 30\ d$
$R = 2800$ pour la fonte,
$a = 0{,}5\ d$ épaisseur par expérience,
$b =$ largeur inconnue.

On en déduit :

$$b = 7{,}27\ d = \frac{7{,}27\ l}{30} = \frac{1}{4{,}13}\ l$$

En nombres ronds, $b = \frac{1}{4}\ l = \frac{1}{8}\ 2\ l$. . . . (*f*).

C'est-à-dire $\frac{1}{8}$ de la longueur.

Les trois dimensions du balancier exprimées en fonctions de D et *d* sont donc :

DIMENSIONS.	En fonction du diamètre du cylindre. D	En fonction du diamètre de la tige du piston. d
Longueur.	6,00	60,0
Largeur.	0,75	7,5
Épaisseur.	0,05	0,5

Moyeux des axes. Le diamètre intérieur du moyeu, qui est le diamètre du corps des axes, est égal à 1,2 fois le diamètre des tourillons de ces axes. L'épaisseur de la fonte autour est égale au diamètre du tourillon; le diamètre extérieur du moyeu est donc égal à :

$1{,}2 \times 1 \times 2 = 3{,}2$ fois le diamètre des tourillons de leur axe.

L'épaisseur des moyeux est au moins égale à deux fois le diamètre du tourillon correspondant. Comme il est nécessaire que les moyeux des axes des pompes fassent saillie sur les nervures, on leur donne les mêmes épaisseurs qu'aux moyeux extrêmes. En voici, du reste, le tableau.

ÉPAISSEUR DES

Moyeux des axes extrêmes.	Moyeux des axes des pompes.	Moyeu de l'axe du milieu.
2,4 δ.	2,4 δ'.	2 δ'

L'épaisseur 2,4 δ' des moyeux des axes extrêmes est égale à la largeur des T des tiges.

Nervures. L'épaisseur totale des nervures ne doit pas dépasser 2 *d*, y compris l'épaisseur du balancier.

Les fig. 1 et 2 (pl. 9) représentent un balancier dessiné, d'après ces principes, en dimensions proportionnelles.

XII. Bielles.

Les bielles sont des verges inflexibles, dont les extrémités sont généralement douées de mouvements différents, ce qui rend oscillatoire le mouvement du corps; elles sont de plus successivement soumises aux deux efforts de traction et d'écrasement, dans le sens de leur longueur.

Suivant l'espèce de machine dans laquelle elles doivent figurer, les bielles affectent plusieurs formes différentes; de plus, elles se construisent, tantôt en fonte, tantôt en fer.

Aujourd'hui, les bielles en fonte ne sont presque plus employées que pour les machines fixes à balancier; dans tous les autres cas, elles sont en fer.

§ 1er. *Bielles en fonte.* Les bielles en fonte (fig. 29, 30) sont généralement à fourchette; quelquefois, quand le balancier est à deux flasques, on préfère, si la chose est possible, les faire à deux têtes; mais cela est rare.

L'assemblage de la fourchette A avec les tourillons de l'axe extrême du balancier, se fait au moyen de chapes, coussinets et clavettes (pl. 2, fig. 2).

Le corps B de la bielle, au lieu d'être plein, comme dans les bielles en fer, a pour section (fig. 31, pl. 9) quatre nervures, décroissant paraboliquement depuis le milieu jusqu'aux extrémités, qui ont pour but de rendre nul le fouettement qui résulterait infailliblement du mouvement oscillatoire de cette pièce, si elle était cylindrique et d'un diamètre moindre, quoique pleine.

La tête C de la bielle se fait quelquefois à chape et coussinets rapportés; mais le plus souvent elle se coule avec le corps même. Elle porte un évidement suffisamment grand pour loger les coussinets et permettre leur enlèvement facile; elle se relie au corps par une partie légèrement conique, à section circulaire ou ovale, suivant le cas. Cette partie est d'une longueur suffisante, pour que la manivelle passe au-dessous de la baguette qui indique l'origine du corps.

La bielle étant souvent exposée à un effort de torsion, par suite du déplacement ou de la mauvaise pose des supports de l'arbre du volant, M. Edwards, l'habile ingénieur de l'ancien établissement de Chaillot, construisait sa bielle en deux parties (fig. 32, 33, 34, 35), la fourchette et le corps, reliées entre elles par un boulon en fer, qui permettait au corps de tourner sur lui-même pendant le mouvement de la machine.

Sans nous prononcer positivement contre cette disposition coûteuse, nous pensons qu'il est préférable, pour la solidité de l'ensemble, de faire en sorte qu'il n'y ait pas à craindre l'effort de torsion dont elle a pour but de détruire l'effet.

§ 2. *Bielle en fer.* La bielle en fer est tantôt à deux têtes, tantôt à une tête et une fourchette, comme la bielle en fonte.

La fourchette qu'emploient encore quelques mécani-

Digitized by Google

ciens, sans qu'il y ait nécessité, non seulement coûte fort cher, mais encore expose la bielle à se rompre par flexion à l'origine du corps du côté où elle se trouve. Depuis longtemps elle a été abandonnée par les constructeurs habiles pour tous les cas où elle n'est pas indispensable, et réservée seulement pour les petites machines, dans lesquelles la tige du piston est guidée par un support ou tout autre appareil qui rend impossible l'assemblage avec une tête de bielle.

Les têtes de la bielle en fer sont tantôt rapportées, tantôt forgées avec le corps. Dans le premier cas, ce sont des chapes, coussinets et clavettes qui les forment ; dans le second cas, ce sont des renflements évidés intérieurement pour recevoir des coussinets serrés par une clavette.

Pendant longtemps, on a donné aux bielles des locomotives la forme ronde légèrement renflée au milieu. Ces bielles présentaient le grave inconvénient de casser près de la grosse tête, pour peu qu'il y eût du grippement dans les coussinets des coudes de l'essieu moteur. MM. Sharp et Roberts, et, après eux, tous les constructeurs, ont substitué à cette disposition vicieuse la bielle dite plate, qui a donné d'excellents résultats. Depuis MM. Allcard et Buddicom ont été plus loin. Si l'on n'avait plus à craindre la casse des bielles, on avait encore à craindre la chute des clavettes qui entraîne avec elle celle d'une tête, et peut amener des accidents. Pour éviter cela, ils ont forgé les têtes avec le corps. Ces bielles ont une grande analogie avec les guides des parallélogrammes ; la forme seule est changée.

Dans les machines à balancier pour bateaux, la bielle se compose de deux parties, savoir : une traverse à deux têtes assemblées chacune avec l'extrémité d'un des balanciers, et un corps terminé, d'une part, par une tête ordinaire à chape, coussinets et clavettes, qui s'assemble avec le bouton des manivelles motrices ; d'autre part, par une partie cylindrique avec une base qui va se loger dans une douille pratiquée au milieu de la traverse.

Cette disposition nous paraît dangereuse, en ce sens qu'il existe un endroit où la bielle peut casser, à savoir la partie inférieure du corps. Nous pensons qu'on arriverait à éviter cette chance de casse en reliant les extrémités du balancier par un même axe assemblé en son milieu à la bielle par une tête ordinaire.

XIII. Manivelles.

Les manivelles sont des pièces douées d'un mouvement circulaire continu autour de l'axe d'un arbre auquel elles sont fixées et auquel elles transmettent un effort de torsion, qu'elles reçoivent d'une bielle, par l'intermédiaire d'une pièce, appelée *bouton* de la manivelle, qui décrit une circonférence plus ou moins grande autour de l'axe de rotation.

D'après la définition du mode d'action de la manivelle, on voit que le plan du mouvement du bouton doit être perpendiculaire à l'axe. A cet effet elle se compose d'une plate-forme en fonte terminée d'une part par un moyeu, destiné à recevoir l'extrémité de l'arbre avec lequel elle s'assemble, et, d'autre part, par une tête destinée à recevoir le bouton.

Le corps de la manivelle est tantôt en fonte, tantôt en fer ; le bouton est toujours en fer.

Les manivelles en fer forgé présentent sur celles en fonte l'avantage de tenir moins de place et de ne pas se rompre sous l'influence d'un choc ; mais elles coûtent plus cher.

Quelque soin que l'on apporte dans le montage d'une machine pour mettre l'axe de l'arbre moteur perpendiculaire au plan du mouvement, il est rare qu'il n'y ait pas toujours un peu de gauche, soit parce que le monteur s'est trompé, soit parce qu'il survient des tassements au bout de quelque temps dans les maçonneries fraîches.

Il en résulte que quelques constructeurs donnent à leur bouton la forme sphérique ou légèrement ovale au lieu de celle cylindrique que nous avons indiquée.

Sans nous déclarer positivement contre ces dispositions qui peuvent avoir pour conséquence l'affaiblissement du bouton, si on ne le fait pas d'une grosseur proportionnée, nous préférons le bouton cylindrique par la raison suivante :

Lorsqu'il y a du gauche dans l'arbre par rapport au plan du mouvement, ce n'est pas seulement sur le bouton de la manivelle qu'il influe, c'est encore sur la fourchette de la bielle et les tourillons du balancier. En effet, si le bouton sort du plan du mouvement, quand la manivelle est verticale, la bielle s'incline sur ce plan et la fourchette tire verticalement d'un côté et pousse de l'autre le tourillon extrême du balancier.

Si le bouton sort du plan du mouvement, quand la manivelle est horizontale, la fourchette de la bielle agit horizontalement sur le tourillon du balancier comme elle avait agi verticalement dans le premier cas.

Il faut donc non seulement un bouton de manivelle sphérique pour éviter l'influence du gauche, mais encore une bielle articulée et un balancier à boule, toutes pièces qui coûtent fort cher.

Pour ces diverses raisons, nous préférons conserver à ces pièces leurs formes primitives et rendre les supports de l'arbre moteur solidaires de la machine, ce que nous obtenons facilement en montant le tout sur une seule et même plaque de fondation.

La longueur de la manivelle est égale au diamètre du cylindre sans détente à condensation.

Dimensions du bouton. — Le diamètre du bouton se détermine de la manière suivante :

La charge à laquelle il est soumis est double de celle à laquelle est soumis chacun des tourillons de l'axe extrême du balancier ; il suffit donc de poser :

1° Tourillon du balancier

$$\delta = 3{,}2 \left(\frac{9}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}};$$

2° Tourillon de la manivelle

$$\delta' = 3{,}2 \left(\frac{18}{14} Q\right)^{\frac{1}{3}};$$

d'où

$$\delta' = \delta \sqrt[3]{2} = 1{,}26\, \delta.$$

La valeur de δ a été donnée précédemment.

Quant à la longueur du bouton, elle varie suivant la nature du métal de la bielle.

Quand la bielle est en fonte, la longueur du bouton est $1{,}5\,\delta$; à cause de la tête qui a besoin d'une certaine force.

Quand la bielle est en fer, le tourillon de la manivelle se logeant dans une chape à coussinets ordinaire n'a que $1{,}2\,\delta$ de long.

Pour déterminer le diamètre du trou du moyeu, qui doit être au moins égal à celui des tourillons de l'arbre du volant, nous remarquons que cet arbre est exposé à la torsion, tandis que le bouton n'est exposé qu'à l'effort de traction transversale. Nous allons examiner les deux cas d'un arbre du volant en fer et d'un arbre du volant en fonte.

1° *Arbre du volant en fer.* On a pour déterminer le diamètre du tourillon de l'arbre, la formule de Robertson :

$$D^3 = 2{,}3 \frac{A}{n} \frac{9}{14} \quad (1)$$

dans laquelle D représente le diamètre cherché, A la quantité d'action à transmettre par minute en kilogrammètres, et n le nombre de tours de l'arbre par minute.

Si R est le rayon de la manivelle, et Q la charge sur le bouton, rapportée tangentiellement à la circonférence, on a : travail transmis par minute $A = 2\pi R n Q$.

Digitized by Google

Pour déterminer le diamètre du bouton, nous pouvons poser comme précédemment :

$$\delta' = 3{,}2 \left(\frac{9}{14}\,Q\right)^{\frac{1}{3}}$$

Q étant alors la charge totale sur le bouton :

$$Q = \frac{14\,\delta'^3}{32{,}8 \times 9}$$

d'autre part on a $Q = \frac{A}{2\,\pi\,R\,n}$,

en égalant ces deux valeurs de Q, on en déduit

$$A = \frac{2\,\pi\,R\,n \times 14\,\delta'^3}{3{,}28 \times 9}$$

remplaçant A par cette valeur dans l'expression (1) et réduisant, il vient :

$$D = 0{,}76\,\delta' \sqrt[3]{R}$$

formule dans laquelle D, δ' et R sont exprimés en centimètres.

Le nombre de tours n ayant disparu, on voit par là que le rapport entre D et δ' est le même, quelle que soit la vitesse.

2° *Arbre du volant en fonte.* Dans ce cas, il n'y a de changement que dans la formule donnant D, qui devient

$$D = 2{,}3\,\frac{A}{n}$$

et on a $D = 0{,}88\,\delta' \sqrt[3]{R}$

Si nous appliquons cette formule à quelques cas particuliers, nous trouvons :

Rayons de la manivelle.	Diamètres du bouton.	Diamèt. minima de l'arbre en fer.	Diamèt. minima de l'arbre en fonte.
c. m.	Nombr. abstr.	Nombr. abstr.	Nombr. abstr.
5	1	1,30	1,50
10	1	1,80	1,79
15	1	1,90	2,17
20	1	2,10	2,38
25	1	2,22	2,57
30	1	2,36	2,74
35	1	2,50	2,87
40	1	2,60	3,02
45	1	2,70	3,13
50	1	2,80	3,25
55	1	2,90	3,35
60	1	3,00	3,45
65	1	3,05	3,54
70	1	3,14	3,63
75	1	3,21	3,72
80	1	3,30	3,80
85	1	3,35	3,87
90	1	3,40	3,95
95	1	3,47	4,01
100	1	3,54	4,08
110	1	3,65	4,20
120	1	3,75	4,35
130	1	3,85	4,46
140	1	3,95	4,58
150	1	4,05	4,69
160	1	4,14	4,78
170	1	4,22	4,89
180	1	4,30	4,96
190	1	4,37	5,08
200	1	4,45	5,15

La largeur et l'épaisseur de la manivelle peuvent se calculer comme celles du balancier ; mais on arrive à un résultat trop faible, attendu que la manivelle est sujette à des vibrations qui tendent constamment à la rompre, et nécessitent une augmentation de force que la pratique seule indique.

XIV. Arbres.

Ce sont des pièces destinées à transmettre un mouvement de rotation autour d'un axe.

Les arbres sont en fonte ou en fer. Ces derniers sont généralement préférés pour de petites forces à transmettre, ou pour de grands chocs à supporter.

Les arbres sont tantôt à section circulaire, tantôt à section polygonale, au choix du constructeur ; ils sont munis, de distance en distance, de parties cylindriques dont les unes, en saillie, sont les portées des roues, volants ou autres pièces montées sur les arbres, les autres, en retraites, sont les tourillons au moyen desquels on assemble les arbres avec leurs supports.

Les arbres ont à résister à la torsion ; c'est pourquoi, dans certains cas où le diamètre peut être fort sans inconvénient, on les fait creux.

Ils ont aussi quelquefois à résister à la pression, lorsqu'ils supportent la charge d'engrenages lourds ou d'une roue hydraulique.

Dans le cas de résistance à la torsion seulement, le diamètre des tourillons se calcule au moyen de l'une des deux formules suivantes données par M. Robertson, savoir :

pour la fonte

$$d = 1{,}32 \sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

pour le fer

$$d' = 1{,}14 \sqrt[3]{\frac{A}{n}}$$

dans lesquelles A représente la quantité d'action, en kilogrammètres, transmise par minute, n le nombre de tours de l'arbre dans le même temps, d et d' les diamètres extérieurs exprimés en centimètres.

En général, ces formules donnent des résultats plus forts que ceux que l'on constate sur des arbres fonctionnant et transmettant des quantités d'action connues, quand les forces dépassent 20 chevaux ; néanmoins, il n'y a aucun inconvénient à les employer, si ce n'est que le poids des arbres est supérieur à ce qu'il pourrait être sans inconvénient.

Dans le cas de résistance à la pression seulement, le diamètre des tourillons se calcule au moyen de l'une des deux formules suivantes données par M. Robertson, savoir :

pour la fonte

$$D = 3{,}2\,Q^{\frac{1}{3}},$$

pour le fer

$$D = 2{,}76\,Q^{\frac{1}{3}},$$

dans lesquelles Q représente la charge totale supportée par les deux tourillons, exprimée en quintaux métriques, et D le diamètre des tourillons en centimètres.

On est dans l'usage d'ajouter au diamètre un huitième en sus du résultat obtenu, pour l'usé.

Les valeurs de D obtenues par les formules sont aussi trop fortes lorsque la machine dépasse 20 chevaux.

Quand les deux tourillons ne sont pas également chargés, Q doit exprimer le double de la charge qui pèse sur le tourillon le plus chargé.

Quand la longueur d'un arbre est petite, on ne calcule pas sa section ; elle est la même que celle du tourillon ou celle d'un polygone régulier circonscrit à ce tourillon. Mais si cette longueur est égale à 12 fois le diamètre des tourillons, alors il faut avoir recours à la formule suivante :

$$\frac{\Gamma m\ n}{l} = \frac{R\,\pi\,r^3}{4}$$

Digitized by Google

dans laquelle on représente par P, 3, 4 ou 5 fois la charge supportée par l'arbre, suivant sa nature, en kilogrammes.

l, la distance entre les tourillons, en centimètres.

m, *n*, les distances, en centimètres, du point chargé aux tourillons, d'où $m + n = l$.

R, un coefficient de résistance, qui est

Pour le fer. . .	6000
Pour la fonte. .	2800
Pour le chêne. .	690
Pour le sapin. .	610

r, le rayon du cercle inscrit, dans le périmètre de l'arbre, exprimé en centimètres.

Lorsque les arbres sont en bois, les tourillons sont toujours en métal.

Les tourillons en fer se construisent de la manière suivante : on fait dans l'arbre une entaille dans laquelle on loge le tourillon, consistant dans une barre de fer carrée, recourbée d'une part, et terminée, de l'autre, par une partie ronde, puis on remplit le vide avec du bois, et on serre par des frettes en fer posées à chaud sur l'arbre rendu conique à ses extrémités.

Quand les arbres métalliques sont pleins, les tourillons font corps avec eux ; mais quand ils sont creux, et surtout d'un grand diamètre, il est de toute nécessité de faire les tourillons à part ; alors l'assemblage se fait à brides comme pour les tuyaux.

Les assemblages des arbres bout à bout se font au moyen de manchons ou de prisonniers.

Quand les arbres sont ronds on emploie le manchon composé de deux joues égales assemblées à boulons.

Quand les arbres sont carrés on emploie le manchon carré à deux faces analogue au précédent.

Quand on veut établir et interrompre à volonté la communication entre deux arbres, on emploie les embrayages.

XV. Volants.

Les volants ou régulateurs sont des pièces destinées à rendre régulière la vitesse de rotation. Ils se composent d'une masse de fonte annulaire d'un diamètre suffisant, appelée jante, montée sur l'arbre de la manivelle par l'intermédiaire de plusieurs bras et d'un moyeu.

On distingue en construction plusieurs espèces de volants, savoir :

Les volants d'une seule pièce.

Les volants de plusieurs pièces.

Les volants articulés.

Les premiers s'emploient pour machines à vapeur jusqu'à 12 chevaux, force pour laquelle ils ont 3 mètres de diamètre.

Pour forces au-dessus de 12 chevaux, on emploie avec avantage les volants en deux ou trois morceaux. Ces derniers se moulent comme pour être coulés d'une seule pièce, puis au moment de fermer le moule, on établit des séparations dans les noyaux d'assemblage, au moyen de plaques de tôle disposées à cet effet.

Ces volants, outre qu'ils coûtent fort peu d'assemblage, ont le grand avantage de pouvoir se transporter facilement.

L'assemblage des portions des jantes se fait au moyen d'un tirant et de deux clavettes en fer. L'assemblage des portions de moyeu se fait au moyen de deux *frettes* placées de chaque côté, en dehors.

Les volants articulés s'emploient pour les grandes machines. Ces volants non seulement coûtent fort cher d'assemblage, mais encore sont dangereux, en ce qu'ils ne présentent pas la même garantie de liaison intime des pièces que les précédents.

Dans ces volants, la jante est coulée en plusieurs morceaux ; chaque bras est coulé séparément et le moyeu est coulé seul.

L'assemblage de ces diverses pièces entre elles doit être tel que :

1° La jante ne puisse s'échapper des bras et causer des accidents ;

2° L'ajustage des points de contact coûte le moins cher possible.

On fait aussi des volants dont les bras sont coulés avec le moyeu. L'assemblage des portions de jantes entre elles est, comme nous l'avons dit plus haut, à tirants et clavettes ; seulement, ici, les bras n'étant pas d'une seule pièce avec la portion de jante correspondante, la résistance de cet assemblage doit être beaucoup plus forte. Les assemblages des bras avec la jante sont à queue d'hironde.

On détermine le poids du volant des machines à vapeur par la formule

$$P = \frac{4645\, n\, N}{m\, V^2}$$

dans laquelle on désigne par

P, le poids de l'anneau du volant ;

V, la vitesse de la circonférence moyenne ;

m, le nombre de tours de l'arbre du volant par minute ;

N, la force de la machine en chevaux-vapeur ;

et *n*, un nombre variable avec le degré de régularité que l'on veut obtenir ;

On fera

$n = 20$ à 25, pour les machines à vapeur faisant mouvoir des moulins, des pompes, etc. ;

$n = 35$ à 50, pour les filatures où l'on fabrique du coton des n^{os} 40 à 60 ;

$n = 50$ à 60, pour les filatures où l'on file les numéros très fins.

LIVRE III.

Composition des machines à vapeur.

Une machine à vapeur peut se diviser en sept parties principales, savoir :

1° La vaporisation ;
2° La distribution ;
3° Le travail ;
4° La transmission du mouvement ;
5° La condensation ;
6° L'alimentation ;
7° Le bâti.

CHAPITRE I^{er}. VAPORISATION.

La vaporisation comprend tous les appareils nécessaires pour la transformation en vapeur d'une quantité d'eau donnée, et pour la conduite de cette vapeur jusqu'à la distribution. A cet effet, on distingue dans la vaporisation :

1° Le fourneau ;
2° Le générateur.

Le fourneau comprenant la série des appareils propres à la combustion.

Le générateur comprenant la série des appareils propres à la vaporisation proprement dite.

I. Fourneau.

Le fourneau se compose de trois appareils, savoir :

1° Le foyer où a lieu la combustion ;

2° Les carneaux où a lieu la transmission de la chaleur développée par la combustion ;

3° La cheminée par où a lieu le dégagement des gaz provenant de la combustion.

§ I^{er}. *Foyer.* — Le foyer est une capacité de forme et de dimension convenables pour recevoir et faire brûler dans un temps donné une quantité déterminée d'un combustible préalablement désigné.

Digitized by Google

Les combustibles sont au nombre de trois principaux, savoir :

Le bois ;

La tourbe ;

La houille.

Ces combustibles, soumis à la carbonisation, donnent naissance à trois nouveaux combustibles, savoir :

Le charbon de bois ;

Le charbon de tourbe ;

Le charbon de houille ou coke.

Pour les propriétés de ces six combustibles, nous renvoyons aux articles CARBONISATION et COMBUSTIBLES du présent ouvrage. A chacun de ces combustibles correspond une forme de foyer qui est préférable aux autres, néanmoins on peut diviser les foyers en deux catégories, savoir :

Les foyers à flamme droite ;

Les foyers à flamme renversée.

Les foyers à flamme droite consistent en une capacité de forme parallélipipède rectangle, dont la base, nommée grille, est à claire-voie et se compose d'une série de barreaux en fer ou en fonte ; c'est par la grille qu'arrive l'air destiné à alimenter la combustion. La partie supérieure où l'une des parois latérales est également à claire-voie pour livrer passage à l'air brûlé qui se rend dans les carneaux ; enfin une porte est adaptée à l'une des faces latérales pour permettre l'introduction intermittente du combustible sur la grille. Les résidus de la combustion tombent dans un cendrier.

Les dimensions des foyers varient suivant les combustibles à brûler. En ce qui concerne la houille, on donne à la base ou grille une surface de 15 décimètres carrés, pour chaque 10 kilogr. de combustible à brûler par heure, et on laisse une hauteur de 30 centimètres entre la grille et la partie supérieure du foyer, l'épaisseur du combustible brûlant ne devant jamais dépasser 10 centimètres. En ce qui concerne le coke, on donne à la grille, dans les locomotives, une surface de 2 décimètres carrés, pour chaque 10 kilogr. de combustible à brûler par heure, et on laisse une hauteur de 1 mètre entre la grille et la paroi supérieure du foyer, l'épaisseur du combustible brûlant pouvant être de 60 centimètres.

Les foyers a flamme droite conviennent pour tous les combustibles, excepté le bois.

Les foyers à flamme renversée consistent, comme les premiers, en une capacité de forme parallélipipède rectangle ; mais ils en diffèrent en ce que le mouvement de l'air qui traverse le combustible, au lieu d'être dirigé de bas en haut, est dirigé de haut en bas, de là le nom de foyers à flamme renversée. Ils conviennent spécialement pour le bois. Ce genre de foyer présente l'avantage d'utiliser bien plus complétement que les premiers la quantité d'oxygène qui passe avec l'air à travers le combustible, de plus ils sont fumivores, attendu que le chargement se fait en dessus, c'est-à-dire par l'endroit où arrive l'air, ce qui ne nécessite l'ouverture d'aucune porte et n'amène aucun refroidissement pendant la combustion.

Ces foyers n'ont pas de grille pour retenir le combustible. Le bois est si léger par sa nature qu'il n'obstrue jamais le passage par où doit s'écouler sa flamme ; d'ailleurs, quand les braises sont trop abondantes à sa partie inférieure, on les fait évacuer par de petites portes latérales ménagées à cet effet.

Le foyer à flamme renversée est certainement le meilleur de tous les foyers, malheureusement on ne peut guère en faire usage que pour le bois, parce que les autres combustibles, la houille particulièrement, déposent une quantité de mâchefer qui ne tarde pas à obstruer le passage de la flamme. Il faudrait que l'on pût adapter une grille dans le bas ; mais alors elle brûlerait, n'étant pas, comme précédemment, refroidie par un courant d'air continuel.

§ II. *Carneaux.* — Les carneaux sont des conduits pratiqués, soit à l'entour, soit à l'intérieur des chaudières pour livrer passage à la fumée se rendant du foyer à la cheminée, et établir un contact aussi grand et aussi prolongé que possible entre l'air chaud qui circule et l'eau à vaporiser.

La forme des carneaux varie suivant la forme et la destination des chaudières. Lorsque les carneaux sont extérieurs, le fourneau est généralement en maçonnerie de briques. Lorsque les carneaux sont intérieurs, ils portent le nom de tubes, et le fourneau est généralement métallique et à foyer intérieur, comme dans les locomotives.

Quant aux dimensions des carneaux, il suffit de dire que leur section doit être la plus grande possible, pour que le tirage ne soit pas affaibli, et la plus petite possible pour que tout l'air qui la traverse lèche la surface de chauffe. Il y a donc nécessairement une moyenne à adopter ; pour la déterminer, il faut connaître les résultats des trois questions suivantes, savoir :

1° Quel est le rapport entre la surface totale d'une grille et la section de l'air qui traverse le combustible brûlant sur cette grille ?

2° Quelle est la quantité d'air employée dans un foyer à la combustion de un kilog. de combustible ?

3° Quelle est la température de l'air brûlé sortant du foyer pour entrer dans les carneaux ?

A ces trois questions, on répond jusqu'ici par des suppositions, et on admet que :

1° La surface de la grille est égale, dans les locomotives, à quatre fois la section d'écoulement de l'air au travers du combustible, et, dans les foyers à houille, à cinq fois cette même section.

2° La quantité d'air employé à la combustion de 1k de combustible est égale à 18 mètres cubes environ.

3° La température de l'air brûlé sortant du foyer est de 1200°.

Dans les locomotives, où la section totale d'écoulement de l'air brûlé peut être très grande sans inconvénient, parce qu'elle se compose d'un grand nombre de petites sections partielles, ce qui donne un périmètre considérable à la section des carneaux, on donne à cette section environ les deux tiers de la section adoptée d'écoulement par la grille, c'est-à-dire un sixième de la surface totale de la grille ; la même chose, à peu près, a lieu pour les autres systèmes de fourneaux. Il serait bien difficile de dire si c'est une qualité ou un défaut ; il n'y a que des expériences directes qui pourront éclairer sur ce point resté obscur au milieu de toutes les expériences que l'on a faites sur la combustion. En thèse générale, il est bon de donner aux carneaux une section d'écoulement égale à environ deux fois la section supérieure de la cheminée.

§ 3. *Cheminée.* — On a traité à l'article CHEMINÉE les conditions du tirage par l'air chaud, et à l'article LOCOMOTIVE du tirage à l'aide d'un jet de vapeur.

Remarquons que dans ce cas, on peut utiliser toute la chaleur contenue dans l'air brûlé, pour produire de la vapeur, au lieu de l'abandonner à la cheminée, à 300 ou 400°, comme cela est nécessaire dans les cheminées. Nous ne sommes probablement pas éloignés de l'époque où le tirage mécanique, soit par la vapeur, soit par des ventilateurs à force centrifuge, sera substitué au tirage physique par la cheminée. Il faut, bien entendu, pour qu'il y ait grand avantage, qu'on puisse rendre la surface de chauffe assez puissante pour que la fumée sorte des carneaux de circulation à la température de l'eau dans la chaudière.

II. Générateur.

Nous avons déjà parlé du générateur à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR ; nous rappellerons seulement qu'il existe trois systèmes de chaudières :

Digitized by Google

Les chaudières cylindriques à deux bouilleurs pour machines fixes :

La chaudière à foyer et tubes intérieurs pour machines locomotives et locomobiles ;

La chaudière à foyers et conduits intérieurs pour machines de bateaux.

La première de ces trois chaudières exige seule un fourneau en maçonnerie. Les deux autres ont des conduits intérieurs et des parois planes qui, d'après ce que nous avons dit plus haut, sembleraient ne convenir que pour la pression de une atmosphère et demie et plus. Il en est en effet ainsi en ce qui concerne la chaudière en tombeau, qui ne s'emploie que pour machines dites à basse pression; genre de machines qui convient le mieux pour bateaux à vapeur.

Mais les chaudières de locomotives, bien que d'apparence peu susceptibles de supporter une haute pression, se timbrent facilement à cinq et même à six atmosphères quand on ne les éprouve que sous la pression double, comme y autorise l'ordonnance royale du 22 mai 1843. En effet, les tubes sont d'un si petit diamètre (5 centim. au plus) qu'ils ne peuvent être déformés par la pression ; d'autre part, toutes les parties plates des boîtes à feu sont reliées deux à deux par des boulons en cuivre espacés de 10 centimètres les uns des autres, et supportant seuls la pression qui tend à déformer ces surfaces.

Dans les chaudières pour machines fixes et pour bateaux, on compte que pour un cheval de force motrice, il faut environ 1 mèt. car., 400 de surface de chauffe.

Pour les chaudières des machines fixes on arrive à peu près à ce chiffre en donnant à la surface totale 2 mètres carrés par cheval, ce qui correspond à 180 ou 200 kilogr. de tôle par cheval à 5 atmosphères.

Pour les chaudières des machines de bateaux, il n'en est pas ainsi; la surface extérieure, loin d'être plus petite que la surface de chauffe, étant beaucoup plus considérable.

CHAPITRE II. DISTRIBUTION.

La distribution comprend :
Les tuyaux d'admission ;
Le distributeur ;
Le mouvement du distributeur ;
Le modérateur ;
Les tuyaux d'exhaustion.

Nous n'avons à parler ici que des dimensions des tuyaux et lumières, les formes de ces différents appareils ayant été envisagées précédemment.

En pratique on a remarqué que :

1° Les tiroirs n'ouvrent pas instantanément les lumières d'introduction, il faut donc que la section de ces lumières soit très grande.

2° La vapeur se refroidit et se condense bien plus rapidement dans des petits que dans des grands tuyaux.

3° Les coudes ralentissent considérablement la vitesse de la vapeur.

Par ces motifs, on donne aux lumières les dimensions suivantes, D étant le diamètre du piston à vapeur :

1° Pour $h = 0{,}76$, basse pression.
Longueur 0,5 D ;
Largeur 0,1 D.

Ce qui fait pour section 0,05 D^2.

2° Pour $h = 3^m{,}04$, haute pression.
Longueur 0,6 D ;
Largeur 0,4 D.

Ce qui fait pour section 0,06 D^2, d'où pour les tuyaux :

$$d = 0{,}3\ D$$

en nombres ronds.

On donne aux tuyaux d'introduction et d'exhaustion la même section.

CHAPITRE III. TRAVAIL.

Le travail comprend :
Le cylindre à vapeur ;
Le piston à vapeur ;
La tige du piston.

Nous avons envisagé ces diverses pièces sous le point de vue de leurs formes et de leur exécution, nous allons maintenant entrer dans les détails de la détermination du travail de la vapeur qui sert à déterminer le diamètre du cylindre; suivant la pression de la vapeur, le genre de la machine et sa force.

Théorie générale du travail de la vapeur.

Soit A (pl. 9, fig. 36), un générateur de vapeur, communiquant avec un cylindre vertical B au moyen d'un tuyau muni d'un robinet C, et D un piston, chargé d'un poids π, mobile dans le cylindre.

Supposons que le volume de vapeur, produite à chaque instant par le générateur, soit égal au volume qu'engendre en même temps le piston dans le cylindre. Appelons :

h, la hauteur en mètres d'une colonne d'eau équivalente à la pression constante exercée par la vapeur dans le cylindre.

S, la surface en mètres carrés du piston.

z, un espace quelconque en mètres parcouru par le piston.

t_m, le travail produit par la vapeur pendant le parcours de cet espace par le piston.

Le poids du mètre cube d'eau étant 1000 kil., la pression de la vapeur sur le piston est :

$$S \times h \times 1000 \text{ kil.}$$

Le travail étant égal à la pression exercée, multipliée par l'espace parcouru, le travail produit par la vapeur, pendant le parcours de l'espace z par le piston, est :

$$t_m = S \times h \times 1000 \times z. \quad \ldots \quad (1).$$

Si, au moment où le piston a parcouru l'espace z, on ferme le robinet C, le volume engendré par le mouvement ascensionnel du piston continuant à devenir de plus en plus grand, la vapeur renfermée dans ce volume se dilate, et sa pression diminue.

Dire suivant quelle loi cette diminution de pression a lieu, c'est ce qui jusqu'à ce jour a été impossible, faute d'expériences suffisamment concluantes.

Admettant que la vapeur se comporte comme les gaz comprimés, alors pour une pression h' correspondant à un espace total parcouru z' plus grand que z, *les volumes étant en raison inverse des pressions, on a :*

$$S \times z : S \times z' :: h' : h$$

d'où :

$$z\,h = z'\,h'$$

$$\text{et} \quad h' = \frac{z\,h}{z'} \quad \ldots \quad (2)$$

Pour des valeurs données à z', on déduit de cette équation des valeurs pour h', et réciproquement :

Soient ox, oy (pl. 9, fig. 37), deux axes rectangulaires ; prenons $OA = z$, $OB = h$, et achevons le rectangle O A C A. Ce rectangle a pour surface :

$$OA \times OB = z \times h$$

Le travail t_m peut donc être représenté par l'expression :

$$S \times 1000 \times \text{surf. O A C B}$$

Soient Oa, Oa', Oa'', etc., des valeurs successives de z' différant entre elles de quantités infiniment petites Aa, aa' a' a'', etc.

Soient ab, $a'b'$, $a''b''$, etc., les valeurs correspondantes de h'.

Supposons que, au lieu de décroître instantanément, les valeurs de h' sont constantes pendant le parcours,

Digitized by Google

par le piston, des espaces infiniment petits A a, aa', $a'a''$, etc., et égales, entre chaque division, à la valeur donnée par l'équation (2).

Le travail produit pendant le parcours de chacun de ces espaces est alors :

Pour les espaces :

$$Aa.. \; S\times 1000 \times A\,a \times a\,b = S\times 1000 \times \text{surf. } A\,b\,c$$
$$aa'... \quad id. \quad \times a\,a' \times a'\,b' = \quad id. \quad \times \text{surf. } a\,a\,b'\,c$$
$$a'a''... \quad id. \quad \times a'a'' \times a''b'' = \quad id. \quad \times \text{surf. } a'a''b''c'$$

et pour l'espace AD $= Aa + aa' + a'a'' + \text{etc.}$:

$$t'_m = S \times 1000 \,(\text{surf. } A\,a\,b\,c + \text{surf. } a\,a'\,b'\,c' + \text{etc.},$$

c'est-à-dire la somme des rectangles compris dans l'intérieur de la courbe CE, construite au moyen de l'équation (2) entre les verticales AC et DE.

Les accroissements successifs Aa, aa', $a'a''$ etc,. de z' étant infiniment petits, les horizontales cb, $c'b'$, $c''b''$, etc., se confondant avec la courbe CE, et la somme des petits rectangles n'est autre que la surface ADEC.

Le travail produit par la vapeur pendant le parcours du piston depuis le point A jusqu'au point D, a alors pour expression :

$$t_m = S \times 1000 \times \text{surf. ADEC.}$$

Reprenant l'équation (2) :

$$h' = \frac{z\,h}{z'}$$

Nous remarquons que z et h étant connues, z' et h' inconnues, cette équation est celle d'une *hyperbole* rapportée à ses asymptotes. La courbe CE est donc une branche d'hyperbole.

Or, on a en général (pl. 9, fig. 38) pour déterminer la surface comprise entre les ordonnées de deux points B et m d'une courbe quelconque :

$$OA = a \qquad op = x \qquad pp' = dx$$
$$AB = b \qquad pm = y \qquad m'I = dy$$
$$\sigma = \text{surf. } AB\,m\,p$$
$$d\sigma = m\,m'\,p'\,p$$

Pour passer à une formule, remplaçons $d\sigma$ par sa valeur différentielle :

$$d\sigma = y\,dx$$

d'où :

$$\sigma = \int y\,dx + C$$

Appliquant cette formule à la détermination de la surface ADEC, nous avons :

1° $$h' = \frac{z\,h}{z'}$$

2° $$\sigma = \int h'\,dz' = \int \frac{z\,h\,dz'}{z'} = z\,h \int \frac{dz'}{z'}$$

Remarquant que l'on a en général :

$$\int \frac{dx}{x} = \log. x + C$$

il vient :

$$\sigma = z\,h \log. z' + C$$

Pour $z' = z$, on a $\sigma =$ zéro, car ce n'est qu'à partir de AC que commence la surface à évaluer ; on en déduit :

$$0 = z\,h \log. z + C$$

d'où :

$$C = -z\,h \log. z$$

et

$$\sigma = z\,h\,(\log. z' - \log. z) = z\,h \log. \frac{z'}{z}$$

Pour $z' =$ OD, il vient $\sigma =$ surf. ADEC, et alors on a :

$$\text{Surf. ADEC} = z\,h \log. \frac{OD}{z}$$

Log. $\frac{OD}{z}$ est un logarithme népérien ; pour qu'il représente un logarithme dans le système dont la base est 10, il faut le multiplier par le nombre 2,3026, et on a :

$$\text{Surf. ADEC} = z\,h \log. \frac{OD}{z}\,2{,}3026$$

et

$$t'_m = S \times 1000 \times z\,h \log. \frac{OD}{z}\,2{,}3026$$

Si T_m représente le travail total effectué par le volume ($V = S \times z$) de vapeur introduite dans le cylindre, il vient :

$$T_m = t_m + t'_m$$
$$= S \times 1000 \times z\,h\,(1 + \log. \frac{OD}{z}\,2{,}3026)$$

et en remplaçant $S \times z$ par V :

$$T_m = V h \times 1000\,(1 + \log. \frac{OD}{z}\,2{,}3026)$$

Soit v la vitesse du piston = OD, il vient :

$$T_m = V h \times 1000\,(1 + \log. \frac{v}{z}\,2{,}3026) \quad (3)$$

Discussion des formules.

Dans une machine à vapeur, la puissance est unique, la résistance est multiple.

Appelons :

T_m, le travail total qu'est susceptible de produire un poids P de vapeur, comme ci-dessus.

t_r, le travail absorbé par la résistance qu'oppose le milieu avec lequel communique le côté du piston non soumis à l'action de la vapeur.

t'_r, le travail absorbé par la résistance qu'oppose la mise en mouvement de toutes les parties mobiles de la machine.

T_u, le travail réellement utilisable.

On aura l'équation

$$T_m = t_r + t'_r + T_u$$

Dans laquelle

t_r est proportionnel à la surface du piston et à la pression du milieu opposé à la vapeur.

t'_r dépend entièrement du genre, du système de construction et de la confection de l'appareil.

t_r et t'_r sont donc deux quantités qui se prélèvent préalablement sur T_m avant que T_u ait une valeur quelconque. On déduit de l'équation ci-dessus et de cette remarque :

$$T_u = T_m - (t_r + t'_r).$$

Nous voyons que T_u est un maximum, quand l'expression $t_r + t'_r$ est un minimum.

Dans quel cas l'expression $t_r + t'_r$ est-elle un minimum ? Telle est la question à résoudre actuellement.

Les deux quantités t_r et t'_r étant indépendantes l'une de l'autre, cette question se décompose en deux autres, savoir :

Dans quel cas t_r est-il un minimum ?

Dans quel cas t_r' est-il un minimum? C'est ce que nous allons examiner successivement.

Si dans l'équation

$$T_m = t_r + t'_r + T_u,$$

nous remplaçons T_m par sa valeur

$$V h \times 1000\,(1 + \log. \frac{v}{z}\,2{,}3026)$$

et faisons

$$t'_r + T_u = T_r$$

Nous obtenons, en résolvant par rapport à T_r :

$$T_r = V h \times 1000\,(1 + \log. \frac{v}{z}\,2{,}3026) - t_r$$

Soient :

h' une hauteur d'eau équivalente à la pression du milieu, opposé à l'action de la vapeur sur le piston.

Digitized by Google

S la surface du piston, et v sa vitesse comme précédemment.

Le travail absorbé par cette résistance, par seconde, a pour expression le produit de la pression sur le piston par la vitesse.

On a donc :

$$t_r = S \times h' \times 1000 \times v.$$

Remarquant que l'on a :

$$S = \frac{V}{z}$$

Il vient, en substituant cette valeur de t_r dans l'équation générale et mettant $Vh \times 1000$ en facteur commun :

$$T_r = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{h'}{h}\right)$$

Pour que cette valeur de T_r soit un maximum, il faut que la différence entre la partie positive et la partie négative comprise entre parenthèse soit un maximum, et que par conséquent h' (qui représente le plus souvent la pression dans le condenseur) soit un minimum.

Dans quel cas la résistance des parties mobiles de la machine est-elle un minimum ?

Nous avons dit que la résistance des parties mobiles de la machine dépendait du genre, du système de construction et de la confection de l'appareil.

Pour ce qui est du système de construction et de la confection, il est évident que nous ne pourrons établir de données sur le travail absorbé par la résistance des parties mobiles que quand nous aurons étudié les différents systèmes de construction et les différents modes de confection.

Il n'en est pas de même du genre de la machine, et c'est ce que nous allons étudier actuellement.

L'équation du travail :

$$T_r = T_u + t'_r = Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{h'}{h}\right)$$

semble au premier abord susceptible de donner autant de genres de machines différentes pour une même valeur de T_r, qu'on peut donner de valeurs différentes aux quantités variables V, h, v, z, h', contenues dans le second membre.

Néanmoins on ne connaît que quatre genres distincts de machines que l'on déduit de l'équation de la manière suivante :

Soit $z = v$, il vient :

$$T_r = Vh \times 1000 \left(1 + 0 - \frac{h'}{h}\right)$$
$$= V \times 1000\,(h - h')$$

Cette équation est la formule générale des machines dites sans détente ; tandis que l'équation ci dessus est la formule générale des machines dites à détente.

Si, dans ces deux équations, on fait successivement $h = 10^m.32$, $h' < 10^m.32$, on obtient :

1° Pour $h' = 10^m,32$.

La première équation devient :

$$T_u = -t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{10^m,32}{h}\right) \quad (1)$$

C'est la formule des machines *à détente sans condensation.*

La seconde équation devient :

$$T_u = -t'_r + V\,1000\,(h - 10{,}32) \quad (2)$$

C'est la formule des machines *sans détente ni condensation.*

2° Pour $h' < 10^m.32$.

La première équation devient :

$$T_u = -t'_r + Vh \times 1000 \left(1 + \log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026 - \frac{v}{z}\,\frac{h'}{h}\right) \quad (3)$$

C'est la formule des machines *à détente et condensation.*

La seconde équation devient :

$$T_u = -t'_r + 1000\,V\,(h - h') \quad (4)$$

C'est la formule des machines *sans détente à condensation.*

Nous renvoyons pour la discussion de ces formules à l'ouvrage que nous allons publier sur la construction des machines à vapeur.

MACHINES A DEUX CYLINDRES.

Ces machines sont à détente et généralement à condensation. On les nomme aussi machines de Woolf, du nom de leur inventeur. Elles diffèrent des machines à détente ordinaires, en ce qu'il y a un piston qui fonctionne toujours à haute pression, ce qui établit moins de différence entre les pressions au commencement et à la fin de la course ; mais elles sont à détente fixe. Une fois le rapport entre les volumes des cylindres établi, la détente est déterminée et reste invariable pour toutes les pressions auxquelles fonctionne l'appareil.

1° *Définition du travail proprement dit.* Le travail se compose de :

Plus le travail de la vapeur agissant à pression constante sur le petit piston, pendant toute sa course ;

Moins la résistance variable opposée au petit piston par la vapeur qui se trouve entre les deux pistons.

Plus le travail de la vapeur agissant à pression décroissante sur le grand piston, pendant toute sa course ;

Moins la résistance constante opposée au grand piston, par la vapeur contenue dans le condenseur.

2° *Calcul du travail. Petit piston, action.* Le travail de la vapeur sur le petit piston est, en représentant le volume du petit cylindre par V :

$$V \times h \times 1000.$$

Résistance. Le dessous du petit piston étant en communication avec le dessus du grand, les pressions qu'opère la vapeur dans les deux sens sont égales de part et d'autre. Or, si h' représente la pression moyenne exercée, la résistance opposée au petit piston, pendant le chemin parcouru c, est :

$$s \times c \times h' \times 1000$$

Et le travail opéré par le grand piston, pendant le chemin parcouru c, est :

$$S \times C \times h' \times 1000$$

S et s étant les surfaces des pistons, $s\,c$ et S C représentent les volumes des cylindres, et on a :

$$s\,c\,h' \times 1000 : S\,C\,h' \times 1000 :: s\,c : S\,C :: V : V'$$

Si R est la résistance opposée au petit piston, et T le travail du grand, on déduit de la proportion ci dessus :

$$R = T\,\frac{V}{V'}$$

Grand piston, action. Pour déterminer le travail produit par le grand piston, nous allons d'abord démontrer que la détente se fait dans le grand cylindre, exactement de même que lorsqu'il n'y a qu'un seul cylindre.

Pour cela, nous remarquons en premier lieu, que dans l'expression $\log. \frac{v}{z}\, 2{,}3026$ qui s'applique aux machines à un seul cylindre, on peut remplacer $\frac{v}{z}$ par $\frac{V'}{V}$; V' étant le volume total de la vapeur à la fin de

Digitized by Google

la course et V, comme précédemment, le volume avant la détente.

En effet, on a pour ces machines, S représentant la surface du piston :

$$V = S = z$$
$$V' = S = v$$

D'où $$\frac{V'}{V} = \frac{v}{z}$$

On peut donc remplacer dans l'expression ci-dessus v et z par V' et V, ce qui donne :

$$\text{Log.}\frac{V'}{V}2{,}3026$$

Nous allons maintenant démontrer que la dilatation de la vapeur s'effectue, dans deux cylindres, absolument de même que dans un seul.

En effet, soit le volume du grand cylindre égal à quatre fois le volume du petit, soit de plus la course du petit piston divisée en dix parties égales. Quand ce piston avance de 1/10, le volume qu'engendre le grand piston P dans son cylindre est égal à quatre fois le volume engendré par le petit piston, si bien que l'on a le tableau :

Dixièmes dont avance le petit piston.	Volume au-dessous du petit piston.	Volume au-dessus du grand piston.	Total des deux volumes.
0	10	0	10
1	9	4	13
2	8	8	16
3	7	12	19
4	6	16	22
5	5	20	25
6	4	24	28
7	3	28	31
8	2	32	34
9	1	36	37
10	0	40	40

Soit maintenant une détente au 1/4 dans un seul cylindre, et soit divisée en dix parties égales, la portion de la course comprise entre le point de détente et la fin. La détente étant au 1/4, cette portion de la course est égale à trois fois la portion avant la détente, dont chacune des divisions est égale à 3/10 de la portion avant la détente. Nous en concluons que, à partir du point de détente jusqu'à la fin de la course, les volumes engendrés par le piston, aux points de division ci-dessus spécifiés, seront en dixièmes de la portion de la course avant la détente :

10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40,

absolument comme quand on détend avec deux cylindres.

Nous en concluons que le travail du grand piston est :

$$Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Résistance. La résistance opposée par la vapeur du condenseur est, si on représente par h' la pression constante de ce dernier :

$$S \times C \times h' \times 1000$$

Et en en remplaçant S C par V' :

$$V' h' \times 1000$$

Récapitulant, nous avons :

1° Petit piston $+ V h \times 1000$

2° — $\frac{V}{V'} Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$

3° Grand piston $+ Vh \times 1000 \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$

4° — $V' h' \times 1000$

Faisant la somme et mettant $V h \times 1000$ en facteur commun, nous obtenons :

$$T_m = Vh\,1000 \left(1 + \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026 \left(1 - \frac{V}{V'}\right) - \frac{V' h'}{V h}\right)$$

Expression qui ne diffère de celle des machines à un seul cylindre que par le facteur $1 - \frac{V}{V'}$ qui, quelque petit que soit $\frac{V}{V'}$ est lui-même toujours < 1 ce qui indique que, dans ces machines, l'effet utile théorique est moindre que dans les machines à un seul cylindre.

En effet, pour une machine à quatre atmosphères, sans condensation, et détendant au 1/4 on a, d'après cette formule :

$$T_m = Vh \times 1000 \times \frac{3}{4} \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Tandis qu'avec l'autre on a :

$$T_m = Vh \times 1000 \times \log. \frac{V'}{V} 2{,}3026$$

Comme on le voit, ces machines ne conviennent nullement, *sans condensation.*

A condensation, on gagne facilement cette différence théorique, en détendant à un point élevé, ce qui est plus facile qu'avec les machines à un seul cylindre, à cause de l'irrégularité de la pression qui nécessite alors un poids de volant très considérable, et fait perdre par la mise en mouvement de cet appareil ce que l'on gagne par la détente.

Nous croyons donc que ces machines sont convenables pour condensation et détente au 1/8 de la course au moins.

CHAPITRE IV. TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

Les calculs relatifs à la transmission du mouvement sont ceux qui ont pour but de déterminer les diamètres des tourillons extrêmes du balancier, du bouton de la manivelle et de l'arbre en fonction de la tige du piston à vapeur. Or, tous ces calculs ont été faits précédemment, lorsqu'il a été question de chacune de ces pièces spéciales des machines à vapeur.

Nous verrons, dans la composition proprement dite des machines, les diverses combinaisons des pièces de transmission de mouvement, suivant les positions du cylindre à vapeur et de l'arbre moteur.

CHAPITRE V. CONDENSATION.

L'appareil de condensation comprend :
Le condenseur ;
La pompe à air ;
La bâche à eau froide ;
La bâche à eau chaude.

Le condenseur est un espace dans lequel existe un vide aussi complet que possible, et où la vapeur sortant du cylindre se précipite et se condense par contact avec de l'eau froide injectée en une infinité de gerbes très minces.

La pompe à air est une pompe à trois compartiments de clapets destinés à enlever du condenseur l'eau qui s'accumule à la partie inférieure, et l'air qui se dégage à chaque instant de cette eau, par suite de la faible pression à laquelle elle est soumise.

Digitized by Google

La bâche d'eau froide est le récipient de l'eau venant du puits et destinée à l'injection dans le condenseur.

La bâche d'eau chaude est le réservoir de la pompe alimentaire ; elle reçoit son eau de la pompe à air. Comme une faible partie de cette eau seulement est absorbée par la pompe alimentaire, cette bâche est munie d'un dégorgeoir et d'une conduite menant le trop plein dans la rue.

La valeur de T_u, trouvée précédemment pour les machines à condensation, est d'autant plus considérable que celle de h' est plus petite.

Si on veut déterminer h', il faut avoir recours aux considérations suivantes :

Pour avoir une pression aussi faible que possible dans l'espace communiquant avec le côté du piston opposé à la vapeur, on injecte de la vapeur dans cet espace, d'abord rempli d'air, jusqu'à tant que tout ce dernier soit parti par un orifice ménagé à cet effet. Cela fait, on ferme les communications de cet espace avec l'air et avec le générateur, et on y injecte de l'eau froide ; cette eau se chauffe au détriment de la chaleur contenue dans la vapeur remplissant l'espace et la condense ; de là le nom de condenseur appliqué à l'appareil dans lequel cette opération a lieu.

Par suite de la condensation de la vapeur et de l'abaissement de température qu'a produit l'injection d'eau froide, la tension intérieure de l'appareil se trouve n'être plus que celle correspondant à la température du mélange. Plus il y a eu d'eau froide injectée, plus la température du mélange est basse, plus, par conséquent, la tension intérieure est faible.

Remarquant actuellement qu'il n'est pas possible de supposer que le piston avance indéfiniment dans le même sens, et qu'il faut pratiquement que, après avoir avancé d'une certaine quantité, il revienne en arrière soit par l'action d'une puissance quelconque qui ne se manifeste que quand la vapeur cesse d'agir, soit par l'action d'une autre quantité de vapeur venant agir sur lui en sens inverse de la première ; il faut, dans les deux cas, pour que la réaction soit égale à l'action, que l'espace dans lequel était tout à l'heure la vapeur communique avec le condenseur, ce qui rend indispensable l'injection dans ce dernier de la vapeur qui a servi.

Ainsi il ne suffit pas d'avoir établi un vide plus ou moins parfait dans le condenseur pour que le piston avance convenablement ; il faut maintenir ce vide que tendent à détruire des quantités de vapeur qui y sont injectées à chaque changement de direction du piston. Il faut donc introduire de nouvelle eau de condensation, et comme, en s'accumulant dans l'appareil, elle finirait elle-même par le remplir, il faut avoir une pompe spécialement chargée de purger le condenseur du mélange d'eau froide et vapeur condensée qui se trouve à sa partie inférieure.

Soit P le poids de la vapeur employée par seconde à faire mouvoir le piston ; toute cette vapeur passant au condenseur, la quantité d'unités de chaleur qu'elle y porte est représentée par l'expression :

$$P \times 650.$$

Soit P' le poids de l'eau employée à condenser cette vapeur ; soit t la température de cette eau avant le mélange et t' la température du mélange.

La quantité de chaleur gagnée par l'eau en entrant dans le condenseur est :

$$P' (t' - t)$$

La quantité de chaleur perdue par la vapeur en se condensant est :

$$P (650 - t')$$

Ces deux quantités sont évidemment égales et on a :

$$P (650 - t') = P' (t' - t)$$

On en déduit :

$$P' = P \frac{650 - t'}{t' - t} \qquad (8)$$

Plus t' est grand, plus le numérateur de la fraction est petit, plus son dénominateur est grand, plus par conséquent la fraction est petite. De là, plus la quantité d'eau à injecter est faible et moins est considérable le travail à produire pour retirer cette eau du condenseur.

Ainsi d'un côté il y a avantage, de l'autre il y a inconvénient à faire t' très grand.

Comme, en définitive, si on fait la dépense d'un appareil de condensation c'est pour avoir une pression contre le piston aussi petite que possible par rapport à la pression atmosphérique, il faut donner la préférence à la condition qui correspond à h' très petit, pour cela il faut faire t' aussi petit que possible.

Pour des valeurs décroissantes de t', P' augmente. Or, il faut remarquer que l'eau prise à la surface du sol jouit de la propriété de dissoudre une quantité d'air que l'on évalue au $\frac{1}{20}$ de son volume à sa pression ordinaire. Il en résulte que plus on injecte d'eau dans le condenseur, plus on y introduit de cet air, qui, se trouvant à une faible pression, se dégage de l'eau et vient ajouter sa tension à celle de la vapeur qui y est contenue.

Ainsi en donnant à t' une petite valeur, la pompe chargée de purger le condenseur, a à effectuer un travail qui croît dans une proportion très considérable.

En admettant que l'eau froide de condensation est à 10°,00, température ordinaire des eaux de puits, on a :

TABLEAU *de la condensation de 1 kil. de vapeur à différentes températures.*

Valeurs de t'.	Valeurs de h' en eau.	Valeurs de P'.	Volumes de l'air injecté.		Volumes à retirer du condenseur.
			à la pres. ordinaire.	dans le conden.	
	m.	k.	litres.	litres.	litres.
12°	0,146	349,00	15,950	1435,00	1455,00
31	0,430	29,90	1,495	35,90	66,80
38	0,645	22,00	1,100	17,55	40,55
51,45	1,300	11,42	0,721	5,72	21,14

De ces quatre valeurs de t', c'est $t' = 38°$ que l'on prend ordinairement; dans ce cas $h' = 0,645$ ou $\frac{1}{16}$ d'atmosphère environ.

Si on pose $h = 20\ h'$ il vient :

$$h = 20 \times 0,645 = 12^m,90.$$

Correspondant à 1 atmosphère 1/4, qui est la pression à laquelle fonctionnent généralement ces machines qui, pour ces motifs, sont dites *machines à basse pression*.

En ce qui concerne le condenseur, nous dirons qu'il n'existe pas de calculs théoriques pour en déterminer les dimensions. S'il est très grand, il devient difficile de le purger d'air et de faire parvenir l'injection d'eau dans toutes les parties où il y a de la vapeur ; s'il est trop petit, au contraire, quelque prompte que soit la condensation, il s'opère à chaque exhaustion, contre le piston, une résistance de la vapeur déjà utilisée, par suite de la difficulté qu'elle éprouve à pénétrer dans le condenseur. Il y a donc une moyenne à adopter ; cette moyenne, si on s'en rapporte aux meilleurs systèmes anglais, est un volume égal à celui de la pompe à air.

Quant à la pompe à air, nous remarquerons d'abord que la course de son piston est, dans les machines à balancier où elle convient spécialement, moitié de la course du piston à vapeur ; de plus, elle est à simple

Digitized by Google

effet. Ainsi sur deux coups de piston à vapeur elle donne un coup seulement.

Le volume de vapeur lancée au condenseur en deux coups de piston est théoriquement :

$$0{,}785\ D^2 \times 2\,C$$

et, si on observe qu'il y a environ $\frac{1}{10}$ de ce volume introduit en plus par les pertes des conduits et du jeu du piston, on a en réalité :

$$1{,}1 \times 0{,}785\ D^2 \times 2\,C$$

Le volume occupé par un kilogr. de vapeur, sous la pression de 13m d'eau, est 1425 litres ; le poids du mètre cube de cette vapeur est donc $\frac{1000}{1425} = 0^k{,}700$.

Le poids de la vapeur à condenser pour deux coups de piston est par conséquent :

$$1{,}1 \times 0{,}785\ D^2 \times 2C \times 0^k700 \qquad (a)$$

Nous avons vu plus haut que pour condenser 1 kilogr. de vapeur à 38°, il fallait dépenser une quantité d'eau représentée par :

$$v = \frac{1^k\,(650 - 38)}{38 - 10} = 22^k$$

Chaque kilogr. de vapeur entrant dans le cylindre entraîne avec lui 1 kilogr. environ d'eau en suspension ; la condensation de cette eau chaude exige donc une quantité d'eau froide représentée par :

$$v = \frac{1^k\,(107 - 38)}{38 - 10} = 2^k{,}500$$

La quantité d'eau à introduire dans le condenseur pour liquéfier 1 kil. de vapeur est donc en réalité de $24^k{,}500$.

La quantité d'air introduit par cette eau dans le condenseur est aussi égale après dilatation à environ 24 litres 1/2.

Le volume à retirer du condenseur par la pompe à air, pour 1 kil. de vapeur condensée, est donc :

1° 2,2 litres eau et vapeur condensée ;
2° 24,5 — eau introduite pour condensation ;
3° 24,5 — air dégagé par l'eau de condensation ;
4° 2,2 — air dégagé par l'eau et la vapeur condensée venant de la chaudière.

Total. 53,4, net 54 litres.

De ce que pour chaque kil. à condenser, il faut retirer 54 litres d'eau du condenseur, on obtient le diamètre de la pompe à air, en posant l'équation :

$$0{,}75 \times 0{,}785\ d^2 \times \frac{1}{2}\,C$$

$$= (1{,}1 \times 0{,}785\ D^2 \times 2\,C \times 0{,}700)\ 0^{mc}{,}054.$$

Le premier membre donnant le volume pratique, engendré par le piston de la pompe à air, lequel volume est égal aux $\frac{3}{4}$ du volume théorique ; le second membre donnant le volume à retirer du condenseur pour deux coups de piston à vapeur, la partie entre parenthèse étant, d'après la formule (a), le poids de la vapeur à condenser pour deux coups de piston.

Effectuant les réductions et calculs indiqués, nous obtenons :

$$0{,}75 \times d^2 = \frac{1}{2}\,1{,}1\ D^2 \times 2 \times 0{,}700 \times 0{,}054$$

d'où

$$d^2 = \frac{2 \times 1{,}1 \times D^2 \times 2 \times 0{,}700 \times 0{,}054}{0{,}75} = 0{,}22\ D^2$$

$$\text{et } d = 0{,}47\ D$$

Ce chiffre 0,47 n'est pas celui que l'on adopte. Est-ce routine, est-ce expérience ? Nous croyons qu'il est plus sage d'admettre cette dernière hypothèse. Watt faisait $d = 0{,}666\ D$; nous avons eu occasion de faire $d = 0{,}6$ et nous nous en sommes bien trouvés. Il est probable que, par les perfectionnements que l'on apporte tous les jours dans la construction, on parviendra à faire descendre ce coefficient au moins à 0,50. Quant à présent, nous ne pouvons prendre sur nous d'en conseiller un inférieur à 0,60.

L'appareil de condensation s'exécute de deux manières principales ; tantôt le condenseur et la pompe à air sont séparés dans une même bâche à eau froide, tantôt ils sont réunis et ne forment qu'une seule pièce. La première est sans contredit la meilleure ; elle s'exécute ainsi pour les machines fixes.

Le condenseur est un cylindre de même diamètre que la pompe à air ; tous deux sont montés sur une boîte en fonte dont le milieu porte une chapelle dans laquelle est un clapet ; l'appareil complet est dans une grande bâche en fonte, dite bâche à eau froide, où le niveau de l'eau est toujours au-dessus du stuffing-box de la pompe à air.

La pompe à air est munie à sa partie supérieure d'une tubulure qui vient s'assembler avec l'une des parois de la bâche d'eau froide, au travers de laquelle elle déverse l'eau de condensation dans une boîte, dite boîte à eau chaude, dont elle est séparée par un clapet. Cette boîte est munie de deux prises d'eau, dont l'une va à la pompe alimentaire, et l'autre, dite de trop plein, dans la rue.

Le piston de la pompe à air étant muni de clapets pour l'aspiration, on voit que l'eau de condensation passe par trois milieux différents avant d'être jetée au dehors, ce qui n'a pas lieu dans les pompes ordinaires. Pour se rendre compte de cette disposition, il suffit de remarquer que quand le piston monte, il ne commence à faire ouvrir le clapet du condenseur que quand la pression du milieu qui est au-dessous de lui est devenue moindre que celle du condenseur. Or, s'il n'y avait pas de clapet à la boîte d'eau chaude, les clapets du piston descendant ne lèveraient, pour livrer passage à l'eau et à l'air qui sont au-dessous, que quand le milieu de ces eau et air aurait atteint une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui retarderait considérablement la levée du clapet du condenseur pour le coup suivant. Si, au contraire, il y a un clapet à la boîte à eau chaude, le piston descendant raréfie l'espace qui est au-dessus de lui, et ses clapets se lèvent beaucoup plus tôt, ce qui permet à une plus grande masse d'air de passer dans la chambre supérieure.

Dans les machines de bateaux, l'appareil de condensation diffère quelque peu de celui des machines fixes, en ce qu'alors la plaque de fondation sert à former une partie du condenseur.

CHAPITRE VI. ALIMENTATION.

L'alimentation comprend les deux pompes dites d'eau fraîche et d'eau chaude, ou alimentaire, leur mouvement, ainsi que tous les tuyaux de conduite d'eau nécessaires.

Dans les machines à balancier, qu'il faut toujours prendre pour point de départ dans la détermination des dimensions proportionnelles, la course des pompes alimentaires est égale à la moitié de celle du piston à vapeur ; ces pompes sont à simple effet.

Les consommations d'eau sont :

1° Pour la pompe alimentaire, ce qu'il faut pour conserver le niveau constant dans la chaudière ;

2° Pour la pompe d'eau fraîche, ce qu'il faut pour la pompe alimentaire et la condensation.

1° *Pompe alimentaire.* Les genres de machines où la consommation de vapeur est la plus grande, pour un effet utile déterminé, sont les machines sans détente ; pour ces machines, l'expérience a conduit à donner à la pompe alimentaire, qui est à simple effet, un diamètre au moins égal à 1/10e de celui du piston à vapeur.

Digitized by Google

2° *Pompe d'eau fraîche.* La quantité d'eau, en poids, qu'elle doit produire pour deux coups de piston est, d'après le résumé de la page précédente, de 25 litres pour 1 kil. de vapeur, c'est-à-dire 25 fois aussi grande que celle produite par la pompe alimentaire.

On lui donne un diamètre égal au tiers au moins du diamètre du piston à vapeur sans détente, à condensation.

La pompe alimentaire est aspirante et foulante ; la pompe d'eau fraîche est aspirante et élévatoire ou foulante à volonté.

La première, vu son petit diamètre, est à piston plein ; elle se construit de diverses manières.

La pompe d'eau fraîche, pouvant être foulante ou élévatoire, se construit de deux manières.

Quand elle est de petit diamètre, comme pour machine sans condensation, il est préférable de la faire foulante. Lorsqu'au contraire son diamètre est assez grand, comme pour machine à condensation, on la fait à piston muni d'une garniture.

Dans tous les cas, les tiges des pistons des pompes s'assemblent avec les bielles qui leur transmettent le mouvement du balancier au moyen de douilles à charnières.

Pour les locomotives, on emploie la pompe d'alimentation à piston plein Elle ne diffère de l'autre que par les soupapes qui sont à boulets.

Cette disposition a pour but d'éviter les arrêts qui se manifestent souvent dans les soupapes des pompes ordinaires, et qu'il serait impossible de corriger sur le chemin quand la machine marche ; mais, d'autre part, les boulets ferment moins bien que les soupapes, et s'arrêtent quelquefois comme elles quand il se trouve des ordures dans leurs boîtes.

On a établi une pompe sans clapets qui aurait l'avantage de toujours fonctionner à la condition qu'on ne la ferait marcher que dans un sens ; il reste à savoir si, à haute pression, elle ne laisserait pas échapper de l'eau par le joint du boisseau avec la clef.

CHAPITRE VII. BATI.

Le bâti est la partie fixe d'une machine ; c'est lui qui sert à maintenir en place les autres parties et à les relier entre elles ; ses formes et dimensions sont nécessairement assujetties aux dispositions adoptées pour l'emplacement des autres parties ; la composition du bâti se trouve donc bien plutôt appartenir à la composition même des machines qu'à celle de leurs parties qui sont toutes considérées isolément. Néanmoins il est, dans la composition du bâti, quelques principes qui se rencontrent toujours les mêmes, quelle que soit la disposition adoptée ; ce sont ces principes que nous allons passer en revue ici.

On considère trois espèces de bâtis, savoir :

Les bâtis pour machines fixes ;

Les bâtis pour machines de bateaux ;

Les châssis pour locomotives.

1° *Bâti pour machine fixe.* Partout où il y a une machine fixe, il y a une fondation et des murs.

On peut se proposer l'un des buts suivants, savoir :

1° Ou faire servir autant que possible ces fondations et murs à relier les diverses parties de la machine entre elles, quelle que soit la place de chacune, auquel cas le bâti est à peu près nul ;

2° Ou faire un usage modéré de la stabilité qu'offrent ces maçonneries, pour donner plus de force au bâti ;

3° Ou s'affranchir complètement du joug des maçonneries, afin de pouvoir déplacer plus facilement la machine.

Dans le premier cas, quelle que soit la disposition des parties de la machine, on a à lutter contre une propriété des maçonneries bien nuisible en mécanique, à savoir : le *tassement*. Aussi n'est-ce généralement pas une bonne chose que mélanger la maçonnerie dans les machines. Il est cependant des circonstances où toute autre disposition serait très coûteuse et même vicieuse si on n'y avait pas recours ; c'est lorsque les machines sont puissantes et à balancier. Alors rien ne vaut un bon mur en pierre de taille pour supporter le balancier. Dans ce cas, les supports du balancier sont montés sur une même plaque traversée, ainsi que le bâtiment de la machine, par deux poutres qui servent à relier le mur du milieu avec les deux murs de face qui lui sont parallèles, ainsi qu'à supporter le plancher et les boutons des guides du parallélogramme. Ces supports sont en outre munis de boulons de fondation dont le but est de les relier à un poids suffisant de maçonnerie pour que les actions simultanées et contraires du piston et de la bielle sur les extrémités du balancier ne puissent le soulever.

Dans le second cas, on ne laisse d'action aux maçonneries que dans le sens où le tassement ne peut nuire, c'est-à-dire dans le sens horizontal ; alors on se trouve dans les meilleures conditions de l'établissement des machines pour certaines dispositions que l'on ne peut rendre indépendantes des murs qu'à l'aide de complications, souvent infructueuses, dans le bâti ; telles sont les machines à entablement.

Dans ces machines, on fait un usage fréquent de l'entablement toscan ou autre à deux colonnes. Nous croyons utile d'observer que, alors, le diamètre des colonnes, au lieu d'être de deux modules, comme dans les colonnes en pierre de taille, n'est que d'un module, dimension suffisante pour la fonte et donnant à l'appareil une apparence de légèreté fort satisfaisante pour l'œil.

Le troisième cas est tantôt la conséquence de certains systèmes, tantôt essentiellement antipathique avec certains autres ; en général il ne convient que lorsque l'arbre moteur est situé près du sol, ce qui ne veut pas dire qu'il convient toutes les fois que cette disposition a lieu.

Dans ce cas, la pièce principale du bâti est la plaque de fondation qui doit communiquer avec toutes les parties par des pièces invariables.

2° *Bâtis pour machines de bateaux.* Les bâtis pour machines de bateaux sont de la troisième catégorie des bâtis que nous venons de passer en revue. Il faut que les machines se supportent elles-mêmes ; aussi, dans ce cas, leurs bâtis consistent-ils généralement en une forte plaque de fondation, dont une partie sert à agrandir le condenseur, sur laquelle s'élèvent, de part et d'autre, deux entablements massifs d'ordres dorique, gothique ou autres, après lesquels viennent se fixer les différentes parties.

3 *Châssis pour locomotives.* Dans les locomotives, il n'y a pas à proprement parler de bâtis, la chaudière remplissant en quelque sorte les fonctions de plaque de fondation, par la quantité de parties qu'elle supporte. Il n'y a qu'un châssis, espèce de cadre en bois recouvert de tôle sur ses faces verticales, servant à poser tout le système sur les essieux des roues. (Voir LOCOMOTIVE.)

Conclusions.

Après avoir déterminé les dimensions proportionnelles des différentes pièces et parties, nous avons cru utile de les réunir dans le tableau suivant, qui renferme les dimensions de toutes les pièces importantes, pour trente forces différentes de machines, c'est-à-dire depuis un quart de cheval environ jusqu'à cinq cents chevaux.

Digitized by Google

1° VAPORISATION.

Nos d'ordre.	FORCES en chevaux correspond. à peu près aux vitesses à donner aux mach. selon leurs dim.	Surfaces totales des chaudières en mètres carrés.	Nombres de chaudières strictement necess.	Diamètres des chaudières en mètres.	Longueurs des chaudières en mètres.	Nombres des bouilleurs.	Diamètres des bouilleurs en mètres.	Longueurs des bouilleurs en mètres.	Prescriptions de l'Ordonnance royale du 22 mai 1843. 2 atmosphères. Numéro de la catégor.	2 atmosphères. Diam. des soupapes de sûreté en centim.	3 atmosphères. Numéro de la catégor.	3 atmosphères. Diam. des soupapes de sûreté en centim.
1	0,25	0,5	1	0,20	0,80	0	»	»	4e	1,00	4e	0,50
2	0,50	1,0	1	0,30	1,06	0	»	»	4	1,00	4	0,80
3	0,75	1,5	1	0,40	1,19	0	»	»	4	2,00	4	1,00
4	1,00	2,0	1	0,40	1,03	1	0,20	1,13	4	2,10	4	1,30
5	2,00	4,0	1	0.50	1,65	1	0,25	1,82	4	2,92	4	1,72
6	3,00	6,0	1	0.50	2,48	1	0.25	2,73	4	3,60	3	2,10
7	4,00	8,0	1	0,50	2,44	2	0,25	2,68	4	4,13	2	2,50
8	6,00	12.0	1	0,65	2,80	2	0,33	3,08	4	5,10	2	3,10
9	9,00	18,0	1	0,65	4,22	2	0,33	4,64	3	6,20	1	3,70
10	12,00	24,0	1	0.80	4,55	2	0,40	5,00	3	7.20	1	4,20
11	16,00	32,0	1	0,80	6,10	2	0,40	6,71	2	8,30	1	4,90
12	20,00	40,0	1	1,00	6,10	2	0,50	6,71	2	9,25	1	5,45
13	25,00	50,0	1	1,00	7,60	2	0,50	8,36	1	10,32	1	6,10
14	30,00	60,0	2 de 16 chevaux.			»	»	»	1	»	1	»
15	35,00	70,0	1 de 16 et 1 de 20.			»	»	»	1	»	1	»
16	40,00	80,0	2 de 20 chevaux.			»	»	»	1	»	1	»
17	50,00	100,0	2 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
18	60,00	120,0	3 de 20 id.			»	»	»	1	»	1	»
19	75,00	150,0	3 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
20	100,00	200,0	4 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
21	125,00	250,0	5 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
22	150,00	300,0	6 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
23	175,00	350,0	7 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
24	200,00	400,0	8 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
25	250,00	500.0	10 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
26	300,00	600,0	12 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
27	350,00	700,0	14 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
28	400,00	800,0	16 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
29	450,00	900,0	18 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»
30	500,00	1000,0	20 de 25 id.			»	»	»	1	»	1	»

2° DISTRIBUTION.

Nos d'ordre.	DIMENSIONS DES LUMIÈRES DES TIROIRS. sans détente à condensat. Long.	Larg.	sans détente ni condensation. Long.	Larg.	à détente. Longueur.	Largeur.	DIAMÈTRES des soupapes et tuyaux de conduite. sans détente à condensat.	sans dét. ni condens.	à détente.	DIAMÈTRES DES Tiges des tiroirs ou soup.	Arbres des tir. ou soup.	Boutons des man. d'exc.	Boulons de la diatr. en gén.	Épaisseur des fontes.
	m.	m.	m.	m.	m	m	m.	m	m.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1	0,025	0,005	0,0125	0,0025	0,01875	0,00375	0,01	0,005	0,0075	5	8	8	5	5
2	0,050	0,010	0,0250	0,0050	0,03750	0,00750	0,02	0,010	0,0150	6	10	10	8	7
3	0,075	0,015	0,0375	0,0075	0,06275	0,01125	0,03	0,015	0,0225	6	12	12	10	9
4	0,100	0,020	0,0500	0,0100	0,07500	0,01500	0,04	0,020	0,0300	8	15	15	10	11
5	0,125	0,025	0,0625	0,0125	0,09375	0,01875	0,05	0,025	0,0375	8	18	18	12	13
6	0,150	0,030	0,0750	0,0150	0,11250	0,02250	0,06	0,030	0,0450	10	21	21	12	14
7	0,175	0,035	0,0875	0,0175	0,13125	0,02625	0,07	0,035	0,0525	10	25	25	15	15
8	0,200	0,040	0,1000	0,0200	0,15000	0,03000	0,08	0,040	0,0600	12	30	30	15	16
9	0,225	0,045	0,1125	0,0225	0,16875	0,03375	0,09	0,045	0,0675	12	35	35	15	17
10	0,250	0,050	0,1250	0,0250	0,18750	0,03750	0,10	0,050	0,0750	15	40	40	15	18
11	0,275	0,055	0,1375	0,0275	0,20675	0,04125	0,11	0,055	0,0825	15	45	42	18	19
12	0,300	0,060	0,1500	0,0300	0,22500	0,04500	0,12	0,060	0,0900	18	50	44	18	20
13	0,325	0,065	0,1625	0,0325	0,24375	0,04875	0,13	0,065	0,0975	18	55	46	18	21
14	0,350	0,070	0,1750	0,0350	0,26250	0,05250	0,14	0,070	0,1050	21	60	48	18	22
15	0,375	0,075	0,1875	0,0375	0,28125	0,05625	0,15	0,075	0,1125	21	65	50	18	23
16	0,400	0,080	0,2000	0,0400	0,30000	0,06000	0,16	0,080	0,1200	25	70	52	21	23
17	0,425	0,085	0,2125	0,0425	0,31875	0,06375	0,17	0,085	0,1275	25	75	54	21	24
18	0,450	0,090	0,2250	0,0450	0,33750	0,06750	0,18	0,090	0,1350	30	80	56	21	24
19	0,475	0,095	0,2375	0,0475	0,35625	0,07125	0,19	0,095	0,1425	30	85	58	21	25
20	0,500	0,100	0,2500	0,0500	0,37500	0,07500	0.20	0,100	0,1500	35	90	60	21	25
21	0,550	0,110	0,2750	0,0550	0,41250	0,08250	0,22	0,110	0,1650	35	95	62	25	26
22	0,600	0,120	0,3000	0,0600	0,45000	0,09000	0.24	0,120	0,1800	35	100	64	25	26
23	0,650	0,130	0,3250	0,0650	0,48750	0,09750	0,26	0,130	0,1950	40	100	66	25	27
24	0,700	0,140	0,3500	0,0700	0,52500	0,10500	0,28	0,140	0,2100	40	100	68	25	27
25	0,750	0,150	0,3750	0,0750	0,56250	0,11250	0,30	0,150	0,2250	40	110	70	25	28
26	0,800	0,160	0,4000	0,0800	0,60000	0,12000	0,32	0,160	0,2400	45	110	72	30	28
27	0,850	0,170	0,4250	0,0850	0,63750	0,12750	0,34	0,170	0,2550	45	110	74	30	29
28	0,900	0,180	0,4500	0,0900	0,67500	0,13500	0,36	0,180	0,2700	45	120	76	30	29
29	0,950	0,190	0,4750	0,0950	0,71250	0,14250	0.38	0,190	0,2850	50	120	78	30	30
30	1,000	0.200	0,5000	0,1000	0,75000	0,15000	0,40	0,200	0,3000	50	120	80	30	30

Digitized by Google

3° TRAVAIL.

N.os d'ordre.	Diamètres des cylind. à vap. sans détente à condensation.	Diamètres des cylind. à vap. sans détente sans condensation.	Diamètres des cylind. à vap. à détente.	Courses des pistons.	Épaisseurs des cylindres.	Épaisseurs des pistons au centre.	Épaisseurs du jeu des pistons.	Épaisseurs de l'entrée des fonds.	Longueurs des cylindres.	Diamètr. des tiges des pistons.	Diamètr. des boulons des cylindres.	Rapports entre les surfaces des pistons. celle du 1er étant 1.	Rapports successifs.
	m.	m.	m.	m.	mm.	mm.	mm.	mm.	m.	mm.	mm.		
1	0,05	0,025	0,0375	0,10	8	50	20	20	0,190	12	6	1	1,000
2	0,10	0,050	0,0750	0,20	10	60	24	24	0,308	15	8	4	4,000
3	0,15	0,075	0,1125	0,30	12	70	28	28	0,426	18	10	9	2,250
4	0,20	0,100	0,1500	0,40	14	80	32	32	0,544	21	12	16	1,780
5	0,25	0,125	0,1875	0,50	16	90	36	36	0,662	25	12	25	1,560
6	0,30	0,150	0,2250	0,60	18	100	40	40	0,780	30	15	36	1,440
7	0,35	0,175	0,2625	0,70	20	110	44	44	0,898	35	15	49	1,360
8	0,40	0,200	0,3000	0,80	22	120	48	48	1,016	40	18	64	1,305
9	0,45	0,225	0,3375	0,90	24	130	52	52	1,134	45	18	81	1,265
10	0,50	0,250	0,3750	1,00	26	140	56	56	1,252	50	21	100	1,235
11	0,55	0,275	0,4125	1,10	28	150	60	60	1,370	55	21	121	1,210
12	0,60	0,300	0,4500	1,20	30	160	64	64	1,488	60	25	144	1,190
13	0,65	0,325	0,4875	1,30	32	170	68	68	1,606	65	25	169	1,175
14	0,70	0,350	0,5250	1,40	34	180	72	72	1,724	70	25	196	1,160
15	0,75	0,375	0,5625	1,50	36	190	76	76	1,842	75	30	225	1,145
16	0,80	0,400	0,6000	1,60	38	200	80	80	1,960	80	30	256	1,140
17	0,85	0,425	0,6375	1,70	40	210	84	84	2,078	85	30	288	1,125
18	0,90	0,450	0,6750	1,80	42	220	88	88	2,196	90	35	324	1,122
19	0,95	0,475	0,7125	1,90	44	230	92	92	2,314	95	35	361	1,120
20	1,00	0,500	0,7500	2,00	46	240	96	96	2,432	100	35	400	1,110
21	1,10	0,550	0,8250	2,20	48	250	100	100	2,650	110	40	484	1,205
22	1,20	0,600	0,9000	2,40	50	260	104	104	2,868	120	40	576	1,190
23	1,30	0,650	0,9750	2,60	52	270	108	108	3,086	130	40	676	1,175
24	1,40	0,700	1,0500	2,80	54	280	112	112	3,304	140	45	784	1,160
25	1,50	0,750	1,1250	3,00	56	290	116	116	3,522	150	45	900	1,145
26	1,60	0,800	1,2000	3,20	58	300	120	120	3,740	160	45	1024	1,138
27	1,70	0,850	1,2750	3,40	60	310	124	124	3,958	170	50	1152	1,123
28	1,80	0,900	1,3500	3,60	62	320	128	128	4,176	180	50	1296	1,120
29	1,90	0,950	1,4250	3,80	64	330	132	132	4,394	190	50	1444	1,115
30	2,00	1,000	1,5000	4,00	66	340	136	136	4,612	200	50	1600	1,105

4° TRANSMISSION DU MOUVEMENT.

N.os d'ordre.	Balanciers à une seule flasque. Dimensions. Long. en mètres.	Larg. en mètr.	Épais. en mill.	Diamètres en millim. des tourill. en fer. extrême	au milieu.	au quart.	Dimensions des parallélogram en mètres. Long.	Larg.	Longueurs des bielles en mètres.	Manivelles. Rayons en mètres.	Diam. des entrées des arb. en fonte.	Diam. des bontons en fer.	Arb. des volants en fonte; diam. des tour.	Volants. Poids des jantes en kil. sans détente.	à détente sans condens.	à détente à condens.	Diam. en mètr.
											mm.	mm.	mm.				
1	0,30	0,05	4	12	18	9	0,075	0,05	0,25	0,05	30	15	25	30	45	60	0,30
2	0,60	0,10	6	20	30	15	0,150	0,10	0,50	0,10	50	21	40	58	86	114	0,60
3	0,90	0,15	9	25	35	18	0,225	0,15	0,75	0,15	65	25	55	86	127	167	0,90
4	1,20	0,20	13	30	45	21	0,300	0,20	1,00	0,20	80	30	70	112	164	216	1,20
5	1,50	0,25	15	35	50	25	0,375	0,25	1,25	0,25	100	35	90	220	320	420	1,50
6	1,80	0,30	18	40	55	30	0,450	0,30	1,50	0,30	120	40	110	324	467	614	1,80
7	2,10	0,35	23	45	65	30	0,525	0,35	1,75	0,35	130	45	120	424	607	790	2,10
8	2,40	0,40	25	50	70	35	0,600	0,40	2,00	0,40	150	50	140	624	884	1145	2,40
9	2,70	0,45	28	55	75	35	0,675	0,45	2,25	0,45	170	55	160	920	1297	1675	2,70
10	3,00	0,50	30	60	80	40	0,750	0,50	2,50	0,50	190	60	180	1200	1650	2160	3,00
11	3,30	0,55	33	60	85	40	0,825	0,55	2,75	0,55	220	65	200	1585	2212	2835	3,30
12	3,60	0,60	35	65	90	45	0,900	0,60	3,00	0,60	240	75	220	1960	2720	3480	3,60
13	3,90	0,65	38	70	95	45	0,975	0,65	3,25	0,65	260	80	240	2420	3350	4270	3,90
14	4,20	0,70	40	75	100	50	1,050	0,70	3,50	0,70	280	85	260	2880	3960	5040	4,20
15	4,50	0,75	43	75	110	55	1,125	0,75	3,75	0,75	325	90	300	3330	4540	5780	4,50
16	4,80	0,80	45	80	120	60	1,200	0,80	4,00	0,80	350	100	325	3760	5130	6500	4,80
17	5,10	0,85	48	85	120	60	1,275	0,85	4,25	0,85	375	100	350	4650	6290	7950	5,10
18	5,40	0,90	50	90	130	65	1,350	0,90	4,50	0,90	400	110	375	5500	7420	9350	5,40
19	5,70	0,95	53	95	130	65	1,425	0,95	4,75	0,95	450	120	400	6825	8662	11500	5,70
20	6,00	1,00	60	100	140	70	1,500	1,00	5,00	1,00	500	130	450	9000	12000	15000	6,00
21	6,60	1,05	65	110	150	75	1,650	1,10	5,50	1,10	550	140	500	11100	14750	18400	6,60
22	7,20	1,10	70	120	160	80	1,800	1,20	6,00	1,20	600	150	550	13200	17400	21600	7,20
23	7,80	1,15	75	130	180	90	1,950	1,30	6,50	1,30	650	160	600	15200	19950	24700	7,80
24	8,40	1,20	80	140	200	100	2,100	1,40	7,00	1,40	700	170	650	17200	22400	27600	8,40
25	9,00	1,25	85	150	220	110	2,250	1,50	7,50	1,50	750	180	700	21300	27550	33800	9,00
26	9,60	1,30	90	160	220	110	2,400	1,60	8,00	1,60	800	190	750	25200	32400	39600	9,60
27	10,20	1,35	95	170	240	120	2,550	1,70	8,50	1,70	850	200	800	29000	37100	45200	10,20
28	10,80	1,40	100	180	240	120	2,700	1,80	9,00	1,80	900	220	850	32800	41550	50300	10,80
29	11,40	1,45	110	190	260	130	2,850	1,90	9,50	1,90	950	240	900	36500	45850	55200	11,40
30	12,00	1,50	120	200	280	130	3,000	2,00	10,00	2,00	1000	260	950	40000	50000	60000	12,00

Digitized by Google

	5° CONDENSATION.										6° ALIMENTATION.		
	DIAMÈTRES						Épaisseurs en millim. des		LARGEURS en mètres des clapets pour long. égales aux diam. des pompes à air.		DIAMÈTRES EN MÈTRES des pompes pour 1/2 course.		
	théoriq. des pist. des pompes à air.		des robinets et tuyaux d'inject.	des tig. des pist. des pompes à air.	des boulons en millimètres.		cylindres et boîtes à clapets.	bâches.			Eau fraîche.		OBSERVATIONS.
	sans dét.	à détente.			pompes à air.	bâches.			s. dét.	à dét.	condensation.	alimentation.	
	m.	m.	mm.	mm.									
1	0,03	0,025	5	9	6	6	8	6	0,01	0,010	0,025	0,009	Les dimensions que nous donnons ici conviennent particulièrement pour machines fixes à balancier. Nous indiquons ailleurs les modifications qui y sont apportées quand la position du cylindre est changée, ou quand les machines sont destinées à fonctionner dans des bateaux ou dans des locomotives.
2	0,06	0,050	10	10	7	7	10	7	0,02	0,020	0,030	0,010	
3	0,09	0,075	15	12	8	7	12	8	0,03	0,025	0,035	0,015	
4	0,12	0,100	21	15	9	8	14	9	0,04	0,035	0,040	0,021	
5	0,15	0,125	25	18	10	8	15	10	0,05	0,045	0,060	0,025	
6	0,18	0,150	30	21	12	9	16	11	0,06	0,050	0,070	0,030	
7	0,21	0,175	35	21	12	9	17	12	0,07	0,060	0,080	0,035	
8	0,24	0,200	40	25	15	10	18	13	0,08	0,070	0,090	0,040	
9	0,27	0,225	45	25	15	10	19	14	0,09	0,075	0,100	0,045	
10	0,30	0,250	50	30	18	12	20	15	0,10	0,085	0,120	0,050	
11	0,33	0,275	55	30	18	12	21	16	0,11	0,095	0,140	0,055	
12	0,36	0,300	60	35	18	12	22	17	0,12	0,100	0,160	0,060	
13	0,39	0,325	65	35	21	15	23	18	0,13	0,110	0,180	0,065	
14	0,42	0,350	70	40	21	15	24	19	0,14	0,115	0,200	0,070	
15	0,45	0,375	75	40	21	15	25	20	0,15	0,120	0,220	0,075	
16	0,48	0,400	80	45	25	18	26	21	0,16	0,130	0,240	0,080	
17	0,51	0,425	85	45	25	18	27	22	0,17	0,140	0,260	0,085	
18	0,54	0,450	90	50	25	18	28	23	0,18	0,150	0,280	0,090	
19	0,57	0,475	95	50	30	21	29	24	0,19	0,160	0,300	0,095	
20	0,60	0,500	100	55	30	21	30	25	0,20	0,170	0,325	0,100	
21	0,66	0,550	110	55	30	21	31	26	0,22	0,180	0,350	0,110	
22	0,72	0,600	110	60	30	21	32	27	0,24	0,200	0,375	0,120	
23	0,78	0,650	120	65	35	25	33	28	0,26	0,215	0,400	0,130	
24	0,84	0,700	120	70	35	25	34	29	0,28	0,230	0,450	0,140	
25	0,90	0,750	130	75	35	25	35	30	0,30	0,250	0,500	0,150	
26	0,96	0,800	130	80	35	25	36	31	0,32	0,265	0,550	0,160	
27	1,02	0,850	140	85	40	30	37	32	0,34	0,285	0,600	0,170	
28	1,08	0,900	140	90	40	30	38	33	0,36	0,300	0,650	0,180	
29	1,14	0,950	150	95	40	30	39	34	0,38	0,320	0,700	0,190	
30	1,20	1,000	150	100	40	30	40	35	0,40	0,340	0,750	0,200	

LIVRE III.

Composition des machines à vapeur.

Dans la composition d'une machine à vapeur, il faut envisager trois choses, savoir :

Le mode d'application ;

La force à transmettre ;

Le genre le plus convenable.

La composition résultant de l'examen de l'ensemble de ces trois choses constitue ce qu'on nomme un *système*.

Il existe un grand nombre de systèmes de machines à vapeur à *cylindre* et *piston*, abstraction faite des autres, non seulement parce que les trois conditions d'établissement, citées plus haut, donnent lieu à un grand nombre de cas, mais encore parce qu'il y a plusieurs manières de résoudre certains d'entre eux, comme nous allons le voir.

1° *Modes d'application*. On considère cinq cas principaux d'application de la force motrice de la vapeur, savoir :

1° A l'élévation de l'eau ;

2° A la dilatation ou à la condensation de l'air ;

2° A la rotation d'un arbre de couche ;

4° A la navigation ;

5° Au transport sur terre.

Les machines destinées à l'élévation de l'eau portent le nom de *machines hydrauliques* ou *d'épuisement*.

Les machines destinées à dilater ou condenser l'air portent le nom de *machines soufflantes*.

Les machines destinées à transmettre un mouvement de rotation à un arbre de couche portent le nom de *machines à rotation*.

Les machines destinées à la navigation portent le nom d'*appareils moteurs pour bateaux*.

Les machines destinées au transport sur terre portent le nom de *locomotives*.

2° *Forces*. Il existe aujourd'hui des machines à vapeur de toutes forces, depuis celle de 1/4 de cheval jusqu'à celle de 1000 chevaux.

Ces formes peuvent, d'après leur influence sur le choix du système, se classer en sept catégories, savoir :

1re	catégorie	de	1/4	de cheval	à	6 chevaux.
2e	—	de	6	chevaux	à	12 —
3e	—	de	12	—	à	25 —
4e	—	de	25	—	à	50 —
5e	—	de	50	—	à	100 —
6e	—	de	100	—	à	500 —
7e	—	de	500	—	à	1000 —

3° *Genres*. Les genres sont au nombre de quatre, dont deux dits *à détente*, et deux *à condensation*.

La détente seule s'emploie toutes les fois que l'on veut économiser la vapeur motrice. La condensation seule s'emploie toutes les fois que l'on veut faire travailler la vapeur à basse pression.

La détente et la condensation réunies s'emploient toutes les fois que l'on veut tirer de la vapeur motrice le plus d'effet utile possible.

On peut toujours employer la détente. On ne peut faire usage de la condensation qu'autant que l'eau est en abondance dans la localité où l'on établit la machine.

Digitized by Google

Ces données posées, nous allons examiner successivement les différents cas auxquels donnent lieu les cinq modes d'application de la force motrice de la vapeur, suivant les quantités de travail à effectuer, les genres adoptés et les autres circonstances qui peuvent se présenter.

CHAPITRE Ier. MACHINES A VAPEUR HYDRAULIQUES OU D'ÉPUISEMENT.

Lorsqu'on applique la force motrice de la vapeur à l'élévation de l'eau, la machine sert généralement à mouvoir des pompes.

Quand la force à transmettre n'est pas considérable, il arrive souvent que le mouvement est communiqué à ces pompes par une machine à rotation; mais quand cette force est supérieure à celles comprises dans les quatre premières catégories, il est convenable de communiquer directement le mouvement du piston à vapeur à ceux des pompes. Comme ces dernières sont à simple effet, les machines à vapeur employées, dans ce cas, le sont aussi.

Ce sont ces machines que l'on désigne le plus particulièrement sous le nom de machines hydrauliques ou d'épuisement et dont nous allons parler.

La théorie des machines à simple effet est la même que celle des machines à vapeur à double effet, seulement leur travail n'en est que la moitié, pour un même nombre de coups doubles de pistons.

Quand on les applique au mouvement des pompes, il se présente deux cas principaux, savoir :

1° Ou les pompes sont aspirantes et élévatoires;

2° Ou les pompes sont aspirantes et foulantes.

1er *cas*. Si les pompes sont aspirantes et élévatoires, la charge à soulever se compose de :

1° L'eau contenue au-dessus des pistons des pompes;

2° Les tiges et pistons des pompes.

Dans ce cas, la descente des pistons et des tiges a lieu en vertu de leur poids seul, sans effectuer de travail; il faut alors que leur poids ne soit que juste équivalent à la charge nécessaire pour produire cette descente, sans quoi la machine effectuerait un travail inutile à chaque coup de piston.

Pour que le poids effectif des pistons et des tiges ne soit pas supérieur à la charge nécessaire pour produire leur descente, il faut, le plus souvent, les attacher à l'extrémité d'un balancier dont l'autre extrémité est chargée de contre-poids.

Ce genre de pompes n'est donc pas très convenable, quand le puits est profond, c'est-à-dire quand le poids des tiges et pistons est considérable.

On est cependant obligé d'y avoir recours, sinon pour toute la hauteur du puits, du moins pour les pompes inférieures qui sont exposées à être noyées, et ne pourraient se réparer si elles étaient à refoulement.

2e *cas*. Si les pompes sont aspirantes et foulantes, la charge à soulever se compose seulement des tiges et des pistons des pompes.

Dans ce cas, la montée de l'eau dans les tuyaux d'ascension et la descente des tiges et pistons ont lieu, en vertu du poids de ces pièces. Quand, par hasard, ce poids n'est pas assez considérable, ce qui est fort rare, on peut en ajouter facilement, sans addition d'aucune espèce de pièces.

Ce genre de pompes est donc le plus convenable pour les épuisements; aussi est-ce celui que l'on emploie de préférence, le précédent étant, comme nous avons dit plus haut, réservé pour les étages inférieurs seulement.

Par le fait seul que les machines d'épuisement sont comprises dans les trois dernières catégories, il est de la plus haute importance de leur donner toutes les dispositions qui peuvent apporter de l'économie dans la dépense de vapeur, attendu que la consommation du combustible y est considérable. Aussi ces machines sont-elles toutes à détente et condensation; à détente parce qu'on peut appliquer ce mode de distribution à toutes les machines; à condensation, parce que l'eau ne peut manquer d'être en abondance là où la force motrice est spécialement employée à l'extraire.

C'est ainsi que pour les machines d'épuisement des mines du Cornwall, on est arrivé à ne brûler que 2 kilogr. au plus de houille par force de cheval et par heure, tandis que dans les autres modes d'application de la force motrice de la vapeur, cette consommation est au moins de 4 kilogr. et s'élève quelquefois à 6 kilogr.

La transmission du mouvement du piston moteur aux tiges et pistons des pompes s'effectue de trois manières principales, savoir :

1° Par l'intermédiaire d'un balancier droit;

2° Par l'intermédiaire d'un balancier d'équerre;

3° Sans balancier.

§ 1er *Machines d'épuisement à balancier droit*. Ces machines, qui sont les mieux disposées pour la condensation, par la facilité qu'elles offrent pour la mise en mouvement des pompes, conviennent spécialement pour les pompes aspirantes et foulantes.

Elles consistent en un balancier porté sur un mur, et communiquant, par chacune de ses extrémités, d'une part à la tige du piston moteur, d'autre part à la *maîtresse tige* des pompes.

La course des pistons est limitée, d'une part, par les fonds des pompes contre lesquels frappent accidentellement les pistons; d'autre part, par une traverse en fer, passée dans l'oreille du balancier et venant accidentellement aussi frapper contre des poutrelles élastiques avant que le piston n'ait atteint le fond du cylindre.

Nous disons accidentellement, en parlant des arrivées du piston moteur à chacune des extrémités de sa course, parce que le poids des tiges, la pression de la vapeur dans le cylindre et les ouvertures des soupapes sont réglées de manière à ce que ces chocs n'aient pas lieu, dans l'état normal de la machine. La distribution des machines d'épuisement se fait généralement au moyen de soupapes: Nous avons vu comment elle a lieu pour machines à double effet; nous allons expliquer en quoi celle des machines à simple effet en diffère.

Dans ce cas, il n'y a que trois soupapes, savoir :

La soupape d'admission;

La soupape d'équilibre;

La soupape d'exhaustion.

La première permet à la vapeur d'entrer dans le cylindre au-dessus du piston.

La seconde établit la communication entre le dessus et le dessous du piston.

La troisième permet à la vapeur, contenue sous le piston, de se rendre au condenseur.

La première et la troisième s'ouvrent ensemble, quand la seconde vient de fermer. Alors le piston descend et, comme la machine est à détente, la soupape d'admission se ferme pendant le trajet de ce dernier depuis le haut jusqu'au bas du cylindre. Quand le piston est arrivé à ce point, la troisième se ferme et la seconde s'ouvre.

La communication ayant lieu entre le dessus et le dessous, la pression devient égale de part et d'autre, et le piston remonte en vertu du poids des tiges. A peine est-il arrivé en haut que la soupape d'équilibre se ferme, après quoi les deux autres s'ouvrent et ainsi de suite.

La vitesse des machines d'épuisement se règle au moyen d'un petit appareil, appelé *cataracte*.

La cataracte est une pompe à piston plein mis en mouvement par un levier chargé à son extrémité d'un contre-poids. Ce levier est prolongé de l'autre côté de son centre d'oscillation de manière à être rencontré

Digitized by Google

par la tige de la pompe à air quand cette dernière descend.

Nous avons vu que quand le piston à vapeur arrive au bas de sa course, la soupape d'équilibre s'ouvre et le piston remonte par l'action du poids des tiges.

Le contre-poids ayant été soulevé par l'action de la tige de la pompe à air sur l'extrémité opposée du levier, tend à redescendre quand la tige est remontée; mais il est retenu par le piston qui presse sur l'eau aspirée dans le corps de pompe, laquelle s'écoule dans la bâche par un robinet qui se manœuvre à la main. Plus le robinet est ouvert, plus le contre-poids descend facilement et vite: plus il est fermé, au contraire, plus le contre-poids met de temps à descendre.

Entre la soupape d'admission et la chaudière à vapeur existe une quatrième soupape, dite soupape régulatrice. Cette soupape est mise en mouvement par le levier; son ouverture est donc plus ou moins fréquente suivant le plus ou moins de vitesse que met le contre-poids à descendre.

Au moyen de la cataracte on proportionne le nombre de coups de piston de la machine et des pompes d'épuisement à la quantité d'eau qu'il y a à extraire dans un temps donné.

Les machines employées dans le comté de Cornouailles forment le type le plus parfait du genre de machines d'épuisement qui nous occupe. Les principes sur lesquels repose la construction de ces machines et la supériorité de travail qu'elles donnent, sont :

1° Des chaudières de dimensions colossales, avec de très grandes surfaces de chauffe, trois ou quatre fois plus grandes que dans les machines ordinaires, et qui donnent au moins $8^k,25$ de vapeur pour 1^k de houille;

2° L'emploi de la vapeur à 3 ou 4 atmosphères avec des détentes considérables, que l'on porte quelquefois à dix fois le volume primitif de la vapeur, et que l'on varie en raison du travail à faire;

3° De larges soupapes d'admission et d'émission ouvertes presque instantanément;

4° L'introduction de la vapeur à une température élevée dans la chemise qui enveloppe le cylindre; introduction qui produit une notable économie de combustible, et sert à vaporiser l'eau entraînée par la vapeur.

Les résultats réels des machines de Cornouailles sont très remarquables; elles rendent, d'après les expériences faites avec soin par l'ingénieur anglais Wicksteed, plus du double de travail que les machines de Watt, pour la même quantité de charbon. Ainsi il a obtenu, en employant la vapeur à 3 atmosphères 1/2 et détendant de 1 à 3,30, près de $30,000,000^{k\text{m}}$ pour 100 kil., d'excellente houille du pays de Galles, soit 300,000 kil.-mèt. par kil. de charbon; résultat qui avait été exagéré d'après les rapports de quelques ingénieurs, mais qui est bien suffisant pour déterminer l'adoption de ce genre de machines pour les grands épuisements de mines, lorsque l'on doit recourir à l'emploi de la machine à vapeur.

§ 2. *Machines d'épuisement à balancier d'équerre.* — Le balancier d'équerre est indispensable, pour les machines d'épuisement, toutes les fois que les pompes sont aspirantes et élévatoires. L'extrémité porte une tige en fer à laquelle sont suspendus des poids en quantité suffisante pour faire équilibre à l'excédant de poids des tiges sur le poids rigoureusement nécessaire à leur descente, lequel est peu considérable.

Le cylindre à vapeur est alors horizontal et communique le mouvement au balancier, par l'intermédiaire d'une bielle dont l'une des têtes s'assemble avec l'extrémité du balancier.

Nous ne connaissons pas d'application de ce genre de machines à simple effet pour les mines. Nous avons vu fréquemment employer le balancier d'équerre pour les petits épuisements, mais alors il fonctionnait dans une circonstance particulière que nous allons relater.

Il arrive souvent dans les mines qu'un puits cesse de donner des produits, ou cesse de servir à l'épuisement; en d'autres termes, qu'une machine reste sans usage près d'un puits. Dans ce cas, si on a percé un puits dans le voisinage, pour faire un épuisement, au lieu d'y transporter la machine qui chôme, on établit une communication de mouvement, au moyen d'une série de bielles consécutives, entre elle et un balancier d'équerre situé à l'orifice de ce puits. Pour cela il suffit d'adapter une manivelle à l'autre extrémité de l'arbre moteur de cette machine qui, quoique à double effet, sert à manœuvrer des pompes à simple effet.

Ce n'est point une situation régulière de machine, il est vrai, mais cela suffit pour servir provisoirement dans une exploitation.

§ 3. *Machines d'épuisement sans balancier.* — Dans ces machines, le cylindre à vapeur est vertical et la tige de son piston est située directement sur le prolongement de celle des pompes.

Ce système convient dans les mêmes circonstances que le système à balancier droit, c'est-à-dire pour pompes aspirantes et foulantes; seulement le poids du piston à vapeur, au lieu de contrebalancer une portion du poids des tiges, s'ajoute à ce poids, et il faut une disposition accessoire pour équilibrer l'excédant de poids des tiges dans le cas où il y en a.

Nous avons vu une machine de ce genre, de la force de 300 chevaux, établie à *Ougrée*, près de *Liége*, dans l'usine de M. *Michiels*. Elle sert à la fois à souffler les hauts-fourneaux et à épuiser la mine. Elle est d'une remarquable simplicité; mais c'est là, à notre avis, le seul mérite de ce système.

CHAPITRE II. MACHINES SOUFFLANTES.

Les machines soufflantes se composent de deux grandes parties principales, savoir : la machine à vapeur; la soufflerie.

De tous les systèmes de soufflerie qui existent, le seul dont nous parlerons ici est celui à cylindre et piston.

Avant d'entrer dans les détails de diverses dispositions employées pour transmettre le mouvement du piston à vapeur au piston soufflant, nous croyons devoir donner quelques renseignements sur la détermination des dimensions relatives de ces deux pistons.

Soit h la hauteur manométrique, en mercure, correspondant à la différence des pressions intérieure et extérieure de la soufflerie.

La pression sur le piston soufflant est égale à :

$$0,785\ D^2 \times h \times 13590.$$

D étant son diamètre et 13590 le poids du mètre cube de mercure.

Par suite des frottements qui s'opèrent dans le mouvement de l'appareil, le travail produit n'est que les 0,90 du travail dépensé; il faut donc, pour qu'il y ait équilibre entre le piston à vapeur et le piston soufflant, que la pression sur le piston à vapeur soit égale à $\frac{1}{0,90}$ de celle qui existe sur le piston soufflant, c'est-à-dire :

$$1,11 \times 0,785\ D^2 \times h \times 13590.$$

Si d est le diamètre du piston à vapeur à basse pression, sans détente à condensation, la pression de la vapeur sur sa surface est :

$$0,785\ d^2 \times 0,76 \times 13590.$$

Admettant qu'il n'y a que les 0.60 du travail produit qui soient utilisés, et les courses étant égales de part et d'autre, on a :

$$1,11 \times 0,785\ D^2 \times h \times 13590 = 0,6 \times 0,785\ d^2 \times 0,76 \times 13590.$$

Réduisant, il vient :

$$1,11\ D^2 h = 0,6\, d^2 \times 0,76.$$

d'où $$D = d \sqrt{\frac{0,41}{h}}$$

Digitized by Google

d'où l'on tire pour des valeurs croissantes de h :

Pour h =	$0^m,025$ D =	4,08 d.
	$0^m,050$	2,88
	$0^m,075$	2,34
	$0^m,100$	2,04
	$0^m,125$	1,82
	$0^m,150$	1,68
	$0^m,175$	1,54
	$0^m,200$	1,44

On distingue trois dispositions principales des machines soufflantes, savoir :

Les machines soufflantes à balancier;

Les machines soufflantes verticales;

Les machines soufflantes horizontales.

Les premières se composent d'un balancier aux extrémités duquel sont deux parallélogrammes servant de communication entre lui et les tiges de deux pistons, l'un à vapeur, l'autre soufflant.

Les autres se composent de deux cylindres, l'un à vapeur, l'autre soufflant, ayant même axe vertical ou horizontal suivant le cas.

Les machines soufflantes sont généralement à double effet. La course des pistons est limitée, soit au moyen d'une bielle et d'une manivelle, soit au moyen de deux traverses passant dans des oreilles venues à la fonte aux extrémités du balancier, comme dans les machines d'épuisement.

La bielle et la manivelle ne s'emploient que pour machines à tiroirs. Elles présentent l'inconvénient de donner à la machine une vitesse régulière et non proportionnelle à la dépense du vent. Cela est peu important pour les petites machines; mais pour des machines des deux dernières catégories, c'est inadmissible.

La distribution par soupapes, pour machines soufflantes, est l'une de celles que nous avons décrites.

Pour régler le nombre de coups de piston d'après la dépense de vent, on emploie, dans ces machines, une cataracte qui a assez d'analogie avec celle des machines d'épuisement.

Elle consiste en un piston mobile dans un cylindre placé sur la conduite du vent; ce piston est chargé d'un poids correspondant à la pression que doit avoir le vent dans la conduite. Sa tige communique par une série de tringles et leviers à un *chien* servant à retenir une came placée sur l'arbre de la manette d'introduction.

Quand le piston descend, le chien se lève et permet l'introduction de la vapeur dans le cylindre; si, au contraire, il reste en l'air, ce qui dénote qu'il n'y a pas de consommation de vent, le chien ne bougeant pas, la machine ne marche pas.

Cette disposition est appliquée au régulateur à capacité constante de l'usine de Decazeville.

Quand le régulateur est à eau, on peut employer la même disposition; s'il est à piston, c'est le piston lui-même du régulateur qui sert à manœuvrer le chien.

On s'occupe beaucoup en ce moment de construction de machines aspirantes pour les chemins de fer atmosphériques. A notre avis, les machines aspirantes peuvent se construire absolument comme les machines soufflantes, à quelques modifications près, dans les pistons et les clapets à vent.

Dans les machines aspirantes, le vide se fait jusqu'à une demi-atmosphère et plus. Les pistons à garnitures en cuir ne conservent pas assez bien le vent pour devoir être employés; il convient de les remplacer par des pistons à garnitures de chanvre, ou au moins à garnitures de cuir parfaitement embouti.

On nous a dit que, dans les machines aspirantes, le cuir se racornissait par suite de la température. Nous pensons que cela ne peut venir que d'une trop grande vitesse donnée au piston, vitesse qui n'est que la conséquence de l'insuffisance de la machine fonctionnant dans son état normal.

Nous ne sommes pas très partisan des machines horizontales pour soufflerie, ni pour machines aspirantes, quand leur force dépasse 30 à 40 chevaux, parce que :

1° Les grands cylindres horizontaux s'affaissent, deviennent ovales, ce qui augmente le frottement des pistons,

2° Les pistons à garniture de cuir portent en plein sur la fonte du cylindre, tandis que, quand ils sont verticaux, le cuir seul frotte contre le cylindre.

Les cylindres verticaux à balancier nous paraissent ce qu'il y a de préférable pour ce genre de machines, tant à cause de la distribution par soupapes que pour la condensation.

CHAPITRE III. MACHINES A ROTATION.

Considérées sous le point de vue le plus général, les machines à rotation sont celles dans lesquelles la transmission du mouvement de la puissance à la résistance a lieu par l'intermédiaire d'un arbre principal, appelé *arbre moteur*.

Les machines pour navigation ou transport sur terre, transmettant le mouvement de cette manière, sont par conséquent des machines à rotation. Ce qui les distingue de celles dont nous avons à parler ici, c'est qu'elles sont mobiles avec le véhicule qu'elles mettent en mouvement, tandis que celles qui transmettent le mouvement à un arbre de couche sont fixes.

On pourrait donc diviser les machines à rotation en deux classes, savoir :

Les machines à rotation fixes;

Les machines à rotation mobiles.

Mais il existe une différence si marquée entre les dispositions des appareils moteurs pour bateaux et les locomotives, qu'il nous a paru infiniment plus convenable d'adopter trois classes, et de donner aux machines de la première le nom de machines à rotation, sans ajouter le mot fixe, attendu que les machines à rotation mobiles ont chacune un nom particulier qui ne permet pas la confusion.

Il existe un grand nombre de dispositions des machines à rotation. Si nous voulons les passer toutes en revue, nous devons nous occuper moins de la force à transmettre et du genre le plus convenable à adopter que des trois circonstances suivantes, savoir :

1° L'état physique du cylindre;

2° La position du cylindre;

3° La position de l'arbre moteur.

Cela tient à ce que ces machines étant très répandues, chaque mécanicien a voulu avoir son système à lui, et l'a trouvé dans une des combinaisons que l'on peut obtenir en faisant varier ces trois circonstances.

On peut se faire une idée du nombre possible de dispositions différentes des machines à rotation, en remarquant que :

1° Le cylindre à vapeur peut affecter trois états, savoir :

L'état de repos;

L'état de mouvement par oscillation;

L'état de mouvement par rotation.

2° Il peut, ainsi que l'arbre moteur, occuper trois positions par rapport au sol, savoir :

Une position verticale;

Une position inclinée;

Une position horizontale.

Total 9 cas, donnant lieu à 27 combinaisons.

Nous ne nous arrêterons pas à la détermination de ces 27 combinaisons, attendu qu'elles jouent un rôle fort secondaire dans les dispositions principales des machines, comme nous allons le voir.

Des trois positions de l'arbre moteur, la position horizontale est la plus généralement employée.

Digitized by Google

Il existe quelques usines à plusieurs étages ou moulins à farine, dans lesquels l'arbre moteur est vertical, et transmet directement le mouvement aux divers étages. Cette disposition, fort bonne sous le point de vue théorique, présente quelques inconvénients pratiques, qui font qu'on ne l'emploie pas généralement.

Quand l'arbre moteur est vertical, on lui fait un coude, à la partie en présence de la machine à vapeur, et on lui transmet le mouvement au moyen d'une machine horizontale, dont la bielle se meut dans un plan horizontal. Nous verrons plus loin en quoi consiste ce genre de machines. On évite ainsi deux engrenages, pour transmettre le mouvement à l'arbre vertical communiquant avec les étages supérieurs.

Mais il résulte de cette disposition, que l'on est obligé de poser la machine à vapeur au pied de cet arbre vertical, ce qui n'est pas toujours commode. De plus, comme il repose inférieurement dans une crapaudine, il faut de très grands soins pour l'empêcher de se déplacer de son axe de rotation; et, si par malheur il se déplace un peu, il fait casser la bielle ou détruit les coussinets.

Les arbres moteurs inclinés n'existent pas, du moins nous n'en avons jamais vu, et n'en concevons l'emploi pour aucun cas important.

Quand l'arbre moteur est horizontal, il peut se trouver à diverses distances du sol; ce sont ces distances qui influent le plus particulièrement sur les dispositions des machines.

En effet, si on passe en revue les diverses hauteurs auxquelles peut se trouver un arbre moteur horizontal par rapport au sol, on ne tarde pas à se convaincre que chaque état physique du cylindre, ainsi que chacune de ses positions, convient plus particulièrement à l'une de ces hauteurs qu'à toutes les autres, et que, parmi les dispositions qui remplissent le même but, il en est qui sont plus propres à certains genres qu'aux autres.

Pour fixer les idées, supposons un cylindre de douze chevaux et un arbre moteur situé à diverses hauteurs au-dessus ou au-dessous du sol exprimées en fonction du rayon de la manivelle.

Nous savons que les dimensions principales sont, en représentant par R le rayon de la manivelle :

1° Diamètre du cylindre à basse pression = R;
2° Rayon de la manivelle = R;
3° Longueur du balancier = 6 R;
4° Longueur de la bielle = 5 R;
5° Diamètre du volant = 6 R.

Soient (Pl. 10, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) :

L T, le niveau du sol;
A, l'arbre moteur;
B, le cylindre à vapeur;
C, l'épaisseur du piston augmentée de :
  1° Le jeu du piston;
  2° Les entrées des fonds dans le cylindre;
D, le balancier;
E, la bielle;
F, la manivelle;
G, le volant.

Nous avons :

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre — R et 0, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à balancier* (fig. 1), dans laquelle la longueur de la bielle est égale à 6 R, ce qui n'est point un défaut;

2° Une machine *à bielles articulées* (fig. 2), dans laquelle la longueur des bielles est égale à 6 R;

3° Une machine *à bielle en cadre* (fig. 3), dont le sol est surbaissé,

4° Une machine *à cylindre tournant* (fig. 6), dans laquelle l'arbre moteur est au-dessous de l'axe de rotation du cylindre.

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 0 et + R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à balancier* (fig. 2) dans son état normal;

2° Une machine *à bielles articulées* (fig. 4) dans son état normal;

3° Une machine *à bielle en cadre* (fig. 3), dont le sol est surhaussé;

4° Une machine *horizontale* (fig. 4) dans son état normal;

5° Une machine *oscillante*, horizontale (fig. 5);

6° Une machine *à cylindre tournant* (fig. 6).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre R et 3 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *inclinée* (fig. 7);

2° Une machine *oscillante*, inclinée (fig. 8).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 3 R et 4 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *oscillante*, verticale (fig. 9).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 4 R et 5 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *à tige bielle* (fig. 10);

2° Une machine *à bielle en retour* (fig. 11);

3° Une machine *oscillante*, verticale (fig. 12).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 5 R et 6 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

1° Une machine *verticale*, surbaissée (fig. 13), dans laquelle la longueur de la bielle est égale à 4 R;

2° Une machine *inclinée* (fig. 7).

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 6 R et 8 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *verticale*, surbaissée (fig. 13), dans son état normal.

Quand l'arbre moteur est situé à une hauteur comprise entre 8 R et 10 R, le mouvement peut lui être transmis au moyen de :

Une machine *verticale* (fig. 14).

Récapitulant, nous trouvons que, pour hauteurs de l'arbre moteur comprises entre — R et + 10 R, il existe 10 dispositions principales de machines à vapeur, savoir :

1° Les machines à balancier;
2° Les machines à bielles articulées;
3° Les machines à bielle en cadre;
4° Les machines horizontales;
5° Les machines oscillantes;
6° Les machines à cylindre tournant;
7° Les machines inclinées;
8° Les machines à tige bielle;
9° Les machines à bielle en retour;
10° Les machines verticales.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces dispositions.

I. Machines à balancier.

Les machines à balancier sont les plus anciennes de toutes les machines à cylindre et piston.

Autrefois, quand les diverses autres dispositions mentionnées ci-dessus étaient inconnues, on les appliquait à la transmission de toutes les forces motrices, quelque petites qu'elles fussent.

Aujourd'hui les machines à balancier ne sont employées que pour forces comprises dans la troisième catégorie et suivantes, c'est-à-dire à partir de 12 chevaux au moins. Quand la force motrice à transmettre

Digitized by Google

dépasse 30 chevaux, elles ont la seule disposition de machines à rotation que l'on emploie généralement. Il en résulte que, au-dessus de 30 chevaux, l'arbre moteur doit être renfermé entre les hauteurs — R et + R, par rapport au sol.

Les machines à balancier sont, nous l'avons déjà dit, les machines par excellence pour la condensation, à cause du point d'attache facile qu'elles offrent pour les tiges des pompes ; aussi ce sont elles que l'on préfère, quand il y a à choisir, si l'appareil doit être à condensation.

Quand la force des machines ne dépasse pas 40 chevaux, il est toujours convenable de les établir sur une ou deux plaques de fondation réunies. Cela permet de les monter à l'essai avant de les expédier, et de déterminer ainsi exactement les longueurs et positions respectives de toutes les pièces, opération qui abrége singulièrement la besogne du mécanicien chargé de la pose.

L'appareil de condensation se fixe alors après la plaque de fondation, suffisamment évidée à cet endroit pour que l'on puisse y descendre et manœuvrer facilement en cas de réparation ; des plaques rapportées servent à cacher cet appareil.

Le bâti des machines à balancier varie suivant leur force.

Pour machines de la première et de la seconde catégorie, c'est-à-dire de 12 chevaux au plus, on a fait pendant longtemps usage de l'entablement à 6 colonnes de Watt. Ce bâti, bien que fort lourd, vibrait toujours par suite du peu de solidité qu'offre le mode d'assemblage de l'entablement avec les colonnes.

Aujourd'hui on emploie presque spécialement deux chevalets reliés entre eux par des croix de Saint-André. Cette disposition est non seulement plus légère, mais encore plus solide, attendu que chaque chevalet est d'une seule pièce. Plus les chevalets ont de base, plus ils sont solides.

Pour machines de la troisième catégorie, c'est-à-dire de 12 à 25 chevaux, on emploie volontiers l'entablement à deux colonnes, ayant ses extrémités noyées dans les murs longitudinaux du bâtiment de la machine.

Les porte-guides du parallélogramme sont, d'une part, fixés à l'entablement au moyen d'écrous, d'autre part, supportés sur le cylindre au moyen d'une traverse et de une ou deux colonnettes en fer.

Pour machines de la quatrième catégorie, c'est-à-dire de 25 à 50 chevaux, on conserve l'entablement à deux colonnes, noyé dans les murs longitudinaux ; seulement on le relie avec les murs transversaux, soit au moyen de jumelles en fonte, comme dans les machines de Saint-Ouen, soit au moyen de jumelles en bois servant de porte-guides au parallélogramme.

Dans tous les cas, il est important de traverser l'entablement et les colonnes par de forts boulons de fondation descendant à une profondeur suffisante dans le sol pour que les actions opposées du piston à vapeur et de la bielle sur le balancier ne puissent les soulever.

Pour machines de la cinquième catégorie et suivantes, on supprime l'entablement et on le remplace par un mur transversal en solide maçonnerie. Les supports du balancier portent sur un fort patin en fonte, dans lequel sont emboîtées les jumelles en bois qui aboutissent aux murs de face transversaux. Le tout est relié au mur par des boulons de fondation prenant inférieurement dans de fortes semelles en fonte, au-dessus desquelles est un lit de madriers transversaux qui augmentent la résistance de tout le poids de la maçonnerie qu'ils supportent.

II. Machines à bielles articulées.

Les machines à bielles articulées, dites système Maudslay, du nom de leur inventeur, ont remplacé les machines à balancier, dans presque tous les cas, pour forces à transmettre au-dessous de 25 chevaux. Ces machines qui s'emploient également avec ou sans condensation présentent l'avantage d'occuper peu de place, ce qui est une qualité essentielle dans les usines, surtout à Paris.

Quand elles sont à condensation, le cylindre est perché sur une plate-forme en fonte formant la base supérieure d'un piédestal à l'intérieur duquel est placé tout l'appareil de condensation.

Quand elles sont sans condensation, le cylindre est à une hauteur au-dessus du sol, suffisante pour permettre le passage de l'arbre moteur.

Dans les deux cas, la tige du piston est guidée en ligne droite par une traverse, glissant ou roulant dans deux coulisses.

Aux extrémités de cette traverse, en dehors des coulisses, sont les têtes supérieures des deux bielles qui transmettent le mouvement à l'arbre moteur, au moyen de deux coudes pratiqués sur la longueur.

III. Machines à bielle en cadre.

Ces machines que construisent seuls deux mécaniciens de Paris, MM. Beslay et Hermann, diffèrent des précédentes en ce qu'elles n'ont qu'une seule bielle et un seul coude à l'arbre moteur, disposition qui exclut l'appareil de condensation de dessous le cylindre.

Elles conviennent pour force ne dépassant pas 16 chevaux, la bielle acquérant, au-dessus de ce point, des proportions très grandes qui, par suite de son mouvement oscillatoire, produirait des vibrations dangereuses.

Elles n'admettent pas la condensation ; car, à notre avis, ce n'est pas admettre la condensation que de nécessiter un excentrique pour mouvoir le piston de la pompe à air.

Ce en quoi elles peuvent l'emporter sur les machines à deux bielles articulées, c'est que, n'ayant qu'une seule bielle et un seul coude, elles ne souffrent pas autant que les premières quand l'axe de l'arbre moteur n'est pas perpendiculaire au plan de leur mouvement, ce qui arrive assez fréquemment.

En thèse générale, on peut dire que le but des mécaniciens qui adoptent cette disposition est bien plutôt d'avoir un système à eux que de perfectionner une disposition connue.

IV. Machines horizontales.

Les machines horizontales sont les machines par excellence pour l'exploitation des mines.

Elles sont tout à fait impropres à la condensation, mais elles reçoivent très bien l'application de la détente à deux tiroirs superposés.

Elles conviennent pour toutes les forces à transmettre ; leur seul inconvénient est d'occuper une grande longueur, ce qui fait que, au-dessus de 25 chevaux, on leur préfère la machine à balancier.

Comme on peut sans inconvénient augmenter la vitesse dans ces machines, on remédie souvent à l'inconvénient de la longueur en leur donnant pour course la course des machines de force immédiatement inférieure. Cela a pour conséquence de diminuer d'un seul coup les longueurs du cylindre, de la bielle et de la manivelle, toutes longueurs qui s'ajoutent les unes aux autres.

V. Machines oscillantes.

On distingue deux classes de machines oscillantes, savoir :

Les machines à cylindre oscillant sur un axe situé au milieu de sa longueur ;

Les machines à cylindre oscillant sur un axe situé à son extrémité.

Digitized by Google

PREMIÈRE CLASSE. *Machines à cylindre oscillant sur un axe situé au milieu de sa longueur.* — Ces machines ont été importées en France par MM. Tamizier et Cavé qui, pendant plusieurs années, en construisirent seuls. Aujourd'hui deux nouveaux constructeurs sont venus se joindre à ces messieurs, ce sont MM. Kientzy et Stoltz fils.

Chacun de ces mécaniciens a son système.

La machine de M. Tamizier est à un tiroir et entablement moyen âge.

Celle de M. Cavé est à deux distributeurs circulaires analogues aux papillons servant de régulateurs à main dans les locomotives, et à entablement toscan à 2 ou 4 colonnes.

La machine de M. Kientzy est à tiroir horizontal monté sur l'axe même d'oscillation, et à entablement moyen âge.

La machine de M. Stoltz fils n'a pas de tiroirs; la distribution se fait dans l'axe d'oscillation par le mouvement seul du cylindre; son entablement est toscan à 2 colonnes.

De ces quatre systèmes, celui de M. Kientzy est le plus propre à recevoir la détente; aussi ce mécanicien ne construit-il pas une seule machine qui ne soit à détente au moyen de deux tiroirs superposés.

Les machines oscillantes conviennent pour forces comprises dans les trois premières catégories, c'est-à-dire au-dessous de 25 chevaux.

M. Cavé, le mécanicien habile par excellence, a appliqué son système de machines à des forces de beaucoup supérieures à celles que nous mentionnons ici. Sans parler de ses bateaux à deux machines, nous citerons la machine oscillante, horizontale, qu'il a établie dans la laminerie de plomb de Saint-Denis. Cette machine est de la force de 60 chevaux et fonctionne très bien. Ce n'est pas une raison, selon nous, pour que l'on doive suivre cet exemple: nous n'avons fait aucune expérience sur cette machine, et ne pouvons dire par conséquent si elle donne beaucoup d'effet utile pour le combustible qu'elle consomme. Ce dont nous sommes certains, c'est qu'il n'est pas possible d'y effectuer une détente efficace; c'est encore que le mouvement d'oscillation d'une masse de fonte considérable comme le cylindre doit absorber de la force. Jamais une machine oscillante ne vaudra une machine à balancier pour forces au-dessus de 25 chevaux.

Les machines oscillantes sont tout à fait impropres à la condensation. C'est encore un motif pour les faire rejeter quand la force des machines est notable, attendu que dans ce cas on condense toujours.

La machine de Saint-Denis vient elle-même nous prouver qu'elle devait être à balancier et non oscillante.

En effet, cette machine est à condensation. Comme elle ne possède pas de balancier pour la transmission de mouvement, on lui en a ajouté un qui sert à mouvoir les pompes. Il est bien entendu que nous n'attaquons cette machine que pour prouver qu'au-dessus d'une certaine force, il est plus convenable d'employer la machine à balancier que la machine oscillante, et non pour prouver que l'on s'est trompé en choisissant la seconde, attendu que nous ignorons complétement si ce n'est pas par suite de considérations relatives à la localité qu'on lui a donné la préférence.

DEUXIÈME CLASSE. *Machines à cylindre oscillant sur un axe placé à son extrémité.* — Il existe un grand nombre de systèmes de machines oscillantes en dessous. Les principaux sont les suivants, savoir:

1° Système Fèvre;
2° Système Leloup;
3° Système Frey;
4° Système Farcot.

M. Fèvre, ingénieur des ateliers de la maison Derosne et Cail, est le premier qui ait exécuté des machines oscillant sur un axe situé à l'extrémité du cylindre à vapeur.

Les premières machines de M. Fèvre étaient d'une simplicité réellement extraordinaire; malheureusement elles ne donnèrent plus d'assez bons résultats pour continuer à être adoptées. Elles consistaient en un cylindre à vapeur *à simple effet*, recevant la vapeur sous le piston. Ce cylindre se terminait inférieurement par une rotule sphérique, se mouvant dans une cuvette ou capsule en fonte, dont la surface intérieure coïncidait ou devait coïncider parfaitement avec la rotule.

Deux lumières ménagées à la partie inférieure de la capsule opéraient la distribution avec une troisième lumière mobile pratiquée à la partie inférieure de la rotule.

L'oscillation du cylindre suffisait pour opérer la distribution.

Le piston était plein et d'un poids suffisant pour que son action sur la manivelle fût la même en descendant qu'en montant, ce qui produisait le même résultat que le double effet dans les machines ordinaires.

M. Fèvre appliquait ainsi des machines de 1, 2, 3, etc., chevaux dans les différentes parties de l'atelier pour mouvoir des machines-outils. Elles ne fonctionnaient que quand l'outil marchait, se déplaçaient facilement, coûtaient peu, et ne se composant que de trois pièces, devaient ne jamais avoir besoin de réparations.

Il y avait là une idée d'organisation du travail qui, si elle n'était pas la meilleure, présentait néanmoins certains avantages pratiques assez importants.

L'usage de ces machines fit bientôt reconnaître plusieurs défauts inhérents à leur nature même et qu'il fallut corriger.

D'abord, la rotule qui présentait, d'une part, le grand avantage de rendre insensibles les oscillations transversales du bouton de la manivelle, présentait, d'autre part, l'inconvénient de permettre au cylindre de tourner sur lui-même. Il fallut, pour éviter cela, munir la rotule d'un axe d'oscillation régulière ne se prêtant plus aux oscillations transversales.

Ensuite, au lieu d'une seule lumière à la rotule, il fallut en mettre deux, pour éviter la communication entre l'entrée et la sortie, et augmenter les dimensions de la section d'écoulement de la vapeur.

Malgré l'excellent rodage de la rotule on ne parvenait pas à empêcher les fuites et quelquefois le grippement entre les deux surfaces en contact. On rendit alors le contact des deux parties plus parfait en surmontant la rotule d'une zone, assemblée à boulons avec la cuvette.

La rotule, une fois prisonnière, il était facile de mettre la machine à double effet, ce qui la compliquait encore; on le fit.

D'un appareil simple on arriva ainsi à un appareil passablement compliqué, possédant un assemblage à rotule difficile à exécuter, et ne possédant plus les avantages de l'idée première.

Tel est, sans doute, le motif pour lequel MM. Derosne et Cail, ne font plus, ou presque plus de ces machines; peut être en est-ce un autre. Ce qui est certain, c'est que ces machines sont médiocres et ne peuvent convenir que pour des forces ne dépassant pas 5 ou 6 chevaux.

M. Leloup eut ou n'eut pas, avant M. Fèvre, l'idée de son système, qui est une modification importante du premier. Bien qu'il prétende être le premier en date, pour les machines oscillant en dessous, toujours est-il qu'il n'exécuta les siennes qu'en second.

Les machines de M. Leloup diffèrent essentiellement de celle de M. Fèvre, en ce que la rotule et la cuvette y ont été remplacées par un axe fixe, sur lequel oscille un coussinet en fonte, faisant corps avec le fond du

Digitized by Google

cylindre. L'axe et le coussinet sont cylindriques; ce sont donc des pièces faciles à exécuter, puisqu'il n'y a qu'à tourner et à aléser avant le rodage.

La distribution se fait, comme dans les précédentes, au moyen de lumières, deux au cylindre, trois à l'axe, dont une au milieu pour l'introduction ; deux de chaque côté pour l'exhaustion, ou réciproquement, ce qui indique de suite un moyen, dont a profité M. Leloup, pour changer la marche, moyen qui consiste à faire arriver la vapeur dans l'axe par une boîte à vapeur à tiroir ordinaire, et mobile à la main. Dans ces machines, comme dans les précédentes, il est bien difficile d'appliquer la détente à l'appareil de distribution. M. Leloup, cependant, l'adapte à toutes ses machines, seulement il l'effectue au moyen d'un appareil extérieur; tantôt au moyen d'un tiroir, tantôt au moyen d'une soupape, dont le mouvement est opéré par un excentrique à extension, permettant de varier la détente, depuis le quart jusqu'à la moitié de la course.

M. Leloup a exécuté des machines de ce genre, depuis 1 cheval jusqu'à 20 chevaux.

Elles fonctionnent bien, seulement elles perdent toujours un peu par l'axe à l'endroit des lumières, surtout quand elles dépassent 12 chevaux.

Peut-être, si l'on pouvait voir le travail des tiroirs, comme on voit celui de la distribution de ces machines, constaterait-on des pertes beaucoup plus considérables dont ne se doutent pas ceux dans les machines desquels elles ont lieu. Aussi, nous nous garderons bien de jeter la pierre aux appareils de distribution, par l'oscillation des cylindres, qui, eux, présentent au moins l'avantage d'accuser immédiatement les fuites qui ont lieu entre les surfaces frottantes, et de permettre ainsi de les faire cesser avant qu'elles aient eu le temps d'influer sur la consommation du combustible.

Ce qu'il faut avant tout, aux machines de M. Leloup, c'est un arbre moteur parfaitement parallèle à l'axe d'oscillation du cylindre ; ce point obtenu, l'affaire du rodage n'est plus qu'un détail, qu'un mécanicien soigneux peut obtenir parfait.

M. Frey a voulu éviter l'influence du bouton de la manivelle sur l'appareil de distribution. A cet effet, il fait osciller son cylindre avec son axe creux dans deux supports placés de chaque côté ; puis il opère la distribution en dehors, comme M. Kieutzy, non pas au moyen d'un tiroir à coquilles, mais au moyen de deux surfaces coniques, l'une convexe, l'autre concave, et suffisamment serrées l'une contre l'autre, au moyen de deux boulons.

Cette disposition est fort ingénieuse, seulement elle ne peut être appliquée qu'à de petites machines, à cause du volume énorme de vapeur qui se perd, à chaque coup de piston, par les conduits des lumières au cylindre. La détente s'opère par la soupape, mise en mouvement, au moyen d'un appareil à soulèvement, variable par le pendule conique.

C'est une modification de la détente de M. Meyer, dont nous parlerons plus loin.

M. Farcot a fait des machines oscillantes, en dessous, dans lesquelles la distribution a lieu par un tiroir à détente, de son système. A notre avis, quand on en vient à effectuer la distribution dans ces machines, par des tiroirs, il nous semble qu'il est préférable de supprimer l'oscillation et de faire des machines verticales à cylindre fixe. C'est aussi ce qu'a pensé, sans doute, M. Farcot, car il ne nous paraît pas continuer à construire de ces machines.

En général, les machines oscillantes en dessous ne sont tolérables qu'autant que, à une bonne distribution, elles joignent une grande simplicité de construction. Les systèmes de MM. Leloup et Frey sont dans ce cas, quand l'ambition ne porte pas leurs inventeurs à les exécuter sur des forces dépassant 12 chevaux.

VI. Machines à cylindre tournant.

Nous dirons peu de mots de ces machines qui ne présentent qu'un intérêt secondaire.

M. Romancé, qui en eut le premier l'idée, les construisait de la manière suivante :

Le cylindre est monté sur un axe passant par le milieu de sa longueur, absolument comme dans les machines oscillantes.

La tige du piston sort par les deux fonds, et se termine de chaque côté par une traverse dans laquelle est un galet ; ces traverses sont de plus reliées l'une à l'autre extérieurement par deux tringles, traversant les brides du cylindre et formant un rectangle.

Une courbe en fonte, contre laquelle roulent les galets pendant la rotation du cylindre, est disposée de telle sorte que :

1° Dans quelque position que se trouve le cylindre, les galets sont toujours en contact avec la courbe.

2° Elle est normale à l'horizontale, passant par le centre de rotation.

Supposons maintenant que la vapeur agisse d'un côté du piston, la tige n'étant pas normale à la courbe en d'autres points qu'à l'origine, il y a pression inclinée sur la courbe; cette pression se décompose en deux : une normale qui est détruite par la résistance de la courbe, l'autre qui obtient tout son effet et fait tourner le cylindre.

La distribution s'opère d'une manière analogue à celle de la machine de M. Frey.

Cette machine présente de grandes difficultés d'exécution; peut-être serait-elle susceptible d'une application utile à la navigation pour de petites forces.

VII. Machines inclinées.

Les machines inclinées sont des modifications des machines horizontales fixes ou des machines oscillantes. Elles sont d'un emploi très rare dans l'industrie ; leur principale application a lieu dans la marine toutes les fois que l'on veut transmettre le mouvement du piston à l'arbre moteur des roues sans l'intermédiaire de balancier.

Si on les emploie peu dans l'industrie, bien qu'elles aient une place marquée par plusieurs hauteurs de l'arbre moteur au-dessus du sol, cela provient de ce qu'on préfère surhausser ou surbaisser le sol à l'endroit de la machine seulement, pour pouvoir appliquer tout autre système.

Les machines inclinées sont en général fort lourdes et ne présentent aucun avantage en compensation de leur excédant de poids sur les autres machines fixes qui leur font concurrence.

VIII. Machines à tige-bielle.

Ces machines, dont le but est de faire mouvoir un arbre situé à une distance moyenne du sol par un cylindre à vapeur vertical, situé au-dessous, sont de deux espèces, savoir :

1° Les machines à coffre ;

2° Les machines à couvercle mobile.

Les machines à coffre consistent en un cylindre vertical dont la tige est creuse et a pour section un rectangle dont les angles sont arrondis. La bielle, prenant à la partie inférieure de cette espèce de coffre, oscille dans son intérieur, comme l'indique la figure de la planche ; seulement on remarque que si on donnait à ces machines les mêmes proportions qu'aux autres, elles ne pourraient s'exécuter, l'oscillation de la bielle exigeant pour la tige une largeur plus grande que celle du cylindre.

Il faut, pour ces machines, augmenter le diamètre et diminuer la course.

Digitized by Google

Un vaste stuffing-box, entourant la tige creuse, sert à intercepter la communication entre l'intérieur et l'extérieur du cylindre. On a construit en Angleterre un bâtiment à vapeur de la force de 1,000 chevaux, en deux machines sur ce système. Le but principal a été, en adoptant cette disposition, d'éviter le poids considérable que comportent les appareils moteurs ordinaires des bateaux à vapeur.

Les machines à couvercle mobile, inventées par MM. Legendre et Averly, mécaniciens à Lyon, consistent en un cylindre à vapeur ordinaire dont le piston est assemblé à charnière avec sa tige cylindrique, ce qui permet à cette dernière d'osciller.

Une portion du couvercle, portant le stuffing-box de la tige, est mobile dans une coulisse pratiquée dans l'autre portion qui est fixe; de plus, le stuffing-box est assemblé à rotule avec la portion mobile, de manière à permettre toutes les inclinaisons que prend la tige dans son mouvement d'oscillation résultant de sa liaison directe avec le bouton de la manivelle.

Sans nous déclarer positivement contre cette disposition, nous pensons que celle de la machine à coffre est préférable par la construction et par sa fermeture à l'endroit du passage de la tige. Le stuffing-box à rotule et cette plate-forme mobile sur le couvercle sont non seulement d'une exécution difficile, mais encore incapables de tenir longtemps la vapeur.

IX. Machines à bielle en retour.

Ces machines, dites système Pauwels, sont exclusivement adoptées par ce mécanicien et n'ont jamais été construites que dans ses ateliers.

Elles consistent en un cylindre vertical fixe dont la tige est guidée en ligne droite par une traverse dont les extrémités roulent ou glissent dans deux coulisses. Cette tige est surmontée d'un cadre à la partie supérieure duquel est assemblée à fourchettes une des extrémités de la bielle, dont l'autre extrémité vient recevoir le bouton de la manivelle à la partie inférieure du cadre. De cette manière, on rapproche l'arbre du sol d'une quantité égale à toute la longueur de la bielle. Malheureusement, pour ne pas donner trop de longueur au cadre qui surmonte la tige du piston, on est dans la nécessité de réduire la longueur de la bielle par rapport au rayon de la manivelle; M. Pauwels ne lui donne que 3 R au plus. C'est le seul défaut que nous puissions reprocher à ces machines qui s'emploieront du reste toujours avec avantage pour forces comprises dans la troisième catégorie, c'est-à-dire entre 12 et 25 chevaux. Ajoutons à cela que M. Pauwels y opère la détente variable au moyen d'un système fort ingénieux de doubles tiroirs.

Ces machines sont, comme la majeure partie des machines sans balancier, impropres à la condensation, attendu qu'elles nécessitent des dispositions accessoires compliquées pour le mouvement de la pompe à air.

X. Machines verticales.

Les machines verticales sont de deux classes, savoir :

Les machines verticales surbaissées;

Les machines verticales proprement dites.

PREMIÈRE CLASSE. *Machines verticales surbaissées.* — Ces machines consistent en un cylindre vertical fixe, transmettant le mouvement à la manivelle par l'intermédiaire d'une bielle, mais plus ou moins enfoncé dans le sol.

Parmi ces machines on distingue :

1° Les machines surbaissées à entablement ordinaire;

2° Les machines surbaissées à entablement en colonne.

Les premières ont la tige du piston guidées en ligne droite, soit par un parallélogramme de Watt, soit par des glissoirs et glissières. Elles ne présentent rien de remarquable dans leur construction, mais leur disposition a donné l'idée à deux mécaniciens de Paris de tirer parti, pour le chauffage du cylindre, de son isolement dans le sol.

M. Tamizier, et, après lui, M. Frey, ont exécuté des machines verticales surbaissées dont le cylindre est chauffé par la fumée qui se rend, du fourneau de la chaudière, à la cheminée. Il existe une machine de ce genre, établie par M. Frey, chez M. Poupillier, rue des Vinaigriers, 29.

Depuis longtemps, l'idée de chauffer le cylindre par la fumée, a été émise; elle est même appliquée dans une ou deux des machines d'épuisement du Cornouailles. Cette application avait, dans son origine, présenté des inconvénients; la chaleur brûlait les garnitures des pistons et stuffing-box, et convertissait les huiles en une crasse dure qui nuisait singulièrement à la bonne marche de la machine. On a alors dégagé les stuffing-box du contact de la fumée et remplacé les garnitures de chanvre des pistons par des garnitures métalliques; on a, de plus, supprimé le graissage. Nous nous proposons de faire quelques expériences sur la machine établie d'une manière fort ingénieuse et fort simple, par M. Frey, chez M. Poupillier, et nous présumons bien que nous aurons à constater une grande économie dans la dépense du combustible, sans compensation de défauts bien importants.

Les machines à entablement, en colonnes, importées d'Angleterre, par M. Alexander ou par M. Farcot, et exclusivement adoptées par ces deux mécaniciens, consistent en un piédestal, au niveau de la plate-forme duquel affleure le couvercle du cylindre, surmonté d'une grosse colonne creuse à quatre ouvertures longitudinales, dans laquelle se fait le mouvement de la tige du piston, guidée en ligne droite par un parallélogramme d'Olivier Evans, disposé de manière à communiquer le mouvement à la pompe à air, pour condensation.

La corniche de cette colonne est surmontée d'un support dans lequel est logé le tourillon de l'arbre moteur, voisin de la manivelle.

Ces machines, d'un aspect agréable, sont d'une grande solidité et peuvent s'exécuter sur de fortes dimensions; mais elles sont un peu lourdes.

Elles conviennent parfaitement pour la condensation, grâce au parallélogramme qui sert de guide à la tige du piston.

Le principal défaut qu'elles possèdent, à notre avis, c'est d'avoir leur distribution enterrée, condition inhérente à la disposition des machines verticales surbaissées.

DEUXIÈME CLASSE. *Machines verticales proprement dites.* — Les machines verticales, proprement dites, diffèrent des précédentes en ce que l'entablement qui supporte le tourillon de l'arbre moteur est surhaussé de la quantité dont le cylindre sort du sol, pour avoir sa plane de fondation de niveau avec lui.

Ce sont les plus gracieuses de toutes les machines à vapeur, quand elles sont bien construites. Occupant peu de place à la base, elles s'élèvent majestueusement en étalant aux yeux de l'observateur toute leur transmission de mouvement. Mais elles ne peuvent convenir malheureusement que pour de petites forces, à moins que l'on se décide à faire des murs suffisamment épais pour aller maintenir en place un arbre moteur, et un entablement à une hauteur égale à au moins neuf fois le rayon de la manivelle, ce qui, pour 100 chevaux, fait 9 mètres.

La hauteur de 5m,00 nous paraît un maximum pour

Digitized by Google

ce genre de machines. Or, 5 mètres correspondent à un rayon de manivelle de 55 centimètres au plus, c'est-à-dire à 16 chevaux.

Il existe trois systèmes principaux de machines verticales, représentés par trois mécaniciens de talent savoir :

1° Le système Imbert ;
2° Le système Bourdon ;
3° Le système Meyer.

Dans les machines de feu Imbert, la tige du piston est guidée en ligne droite par deux galets, roulant entre deux colonnettes en fer, portant, par leur base, sur le cylindre, et par leur corniche à l'entablement de la machine. Cet entablement, monté sur deux colonnes, est relié à un fort mur en pierre de taille qui l'empêche de prendre le moindre mouvement vibratoire.

La détente s'y effectue, au moyen d'un seul tiroir à recouvrement mû par un excentrique dont la forme est déterminée d'après le point de la course où l'on veut détendre.

Ces machines sont très soignées et donnent assez d'effet utile. Une d'elles, essayée par nous, au frein dynamométrique, détendant au 1/3 et calculée pour donner une force de 15 chevaux à 60 p. 100 d'effet utile, a donné une force de 17 chevaux 1/2.

Les machines de M. Bourdon sont, en tout point conformes à celles de M. Imbert, sauf en ce qui concerne la conduite de la tige du piston que M. Bourdon guide en ligne droite, au moyen d'un parallélogramme de Watt, dont les points fixes sont sur les colonnes de l'entablement, disposition qui permettrait facilement d'employer la condensation.

Les machines de M. Meyer diffèrent des précédentes par le système d'entablement qu'il y adapte et par sa détente, qui a lieu au moyen d'une soupape dont l'ouverture est réglée par le pendule conique. La tige du piston est, comme chez M. Imbert, guidée en ligne droite, par deux galets roulant entre deux colonnettes ; mais l'entablement, au lieu de porter dans le mur, se termine aux colonnes, ce qui nécessite pour ces dernières un diamètre très fort, et deux autres colonnettes sur les cylindres, afin de diminuer autant que possible les vibrations qui résultent nécessairement de cette disposition d'entablement analogue à celle des anciennes machines de Watt, aujourd'hui abandonnée.

Nous avouons franchement que, pour notre part, nous trouvons cette disposition, non seulement très vicieuse, à cause des vibrations forcées qu'elle suscite, non seulement très disgracieuse, à cause des proportions énormes qu'il faut donner aux parties de l'entablement ; mais encore très coûteuse pour celui qui l'exécute ; aussi, sommes-nous bien convaincus que le mécanicien habile qui l'a adopté y renoncera tôt ou tard pour lui substituer la disposition d'entablement de MM. Imbert et Bourdon.

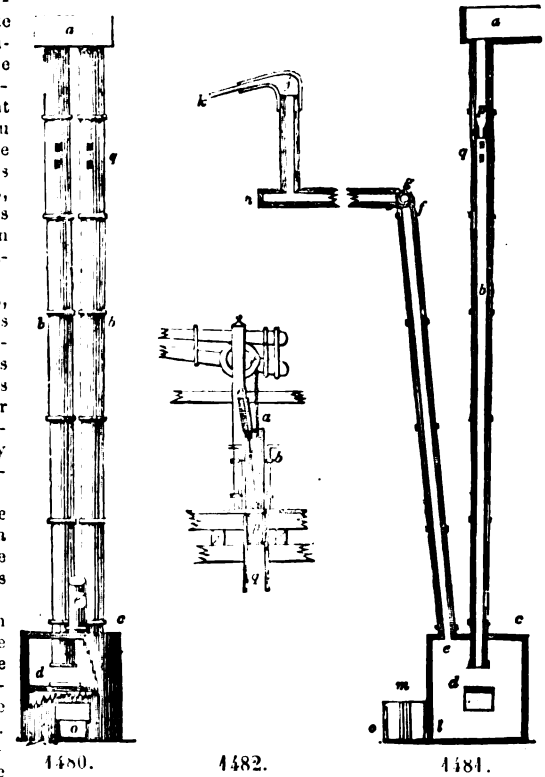
Quant à la détente, c'est bien différent, quoique nous préférions les tiroirs pour cette partie de la distribution, dans les petites machines, nous ne sommes pas assez ennemis des soupapes, pour ne pas reconnaître qu'il y a là une très jolie disposition.

La bague du pendule conique qui, douée d'un mouvement rectiligne alternatif sur la tige de ce dernier, sert à manœuvrer les leviers de fermeture de la vase de gorge, suivant le plus ou moins d'écartement des boules, est remplacée par un cône tronqué à deux génératrices opposées saillantes. Ce tronc de cône tourne tangentiellement à l'intérieur d'un cadre, situé à l'extrémité d'une tige de soupape, maintenue fermée par un ressort ou un contre-poids. Chaque fois que l'une des génératrices saillantes rencontre en tournant la face de contact du cadre, elle le pousse en arrière et ouvre la soupape ; cette ouverture est d'autant plus grande que la section du tronc de cône, correspondant au plan du cadre, a un plus grand diamètre. Ce tronc de cône est renversé de manière que, quand les boules s'écartent, par suite de la trop grande vitesse, il présente une petite section produisant une petite ouverture de soupape, tandis que, quand les boules se rapprochent, par suite de la trop petite vitesse, il présente une grande section produisant une grande ouverture de soupape. Les quantités de vapeur dépensée se trouvent ainsi proportionnelles aux quantités de travail à effectuer. C. E. JULLIEN.

Voir pour les appareils moteurs des bateaux et machines locomotives les articles : BATEAU A VAPEUR, LOCOMOTIVE.

MACHINES SOUFFLANTES. Les machines soufflantes servent, comme leur nom l'indique, à lancer l'air destiné à alimenter les feux et fourneaux métallurgiques, et dans quelques cas à l'aérage des mines. Nous allons décrire ces machines en commençant par les plus simples et les plus anciennes.

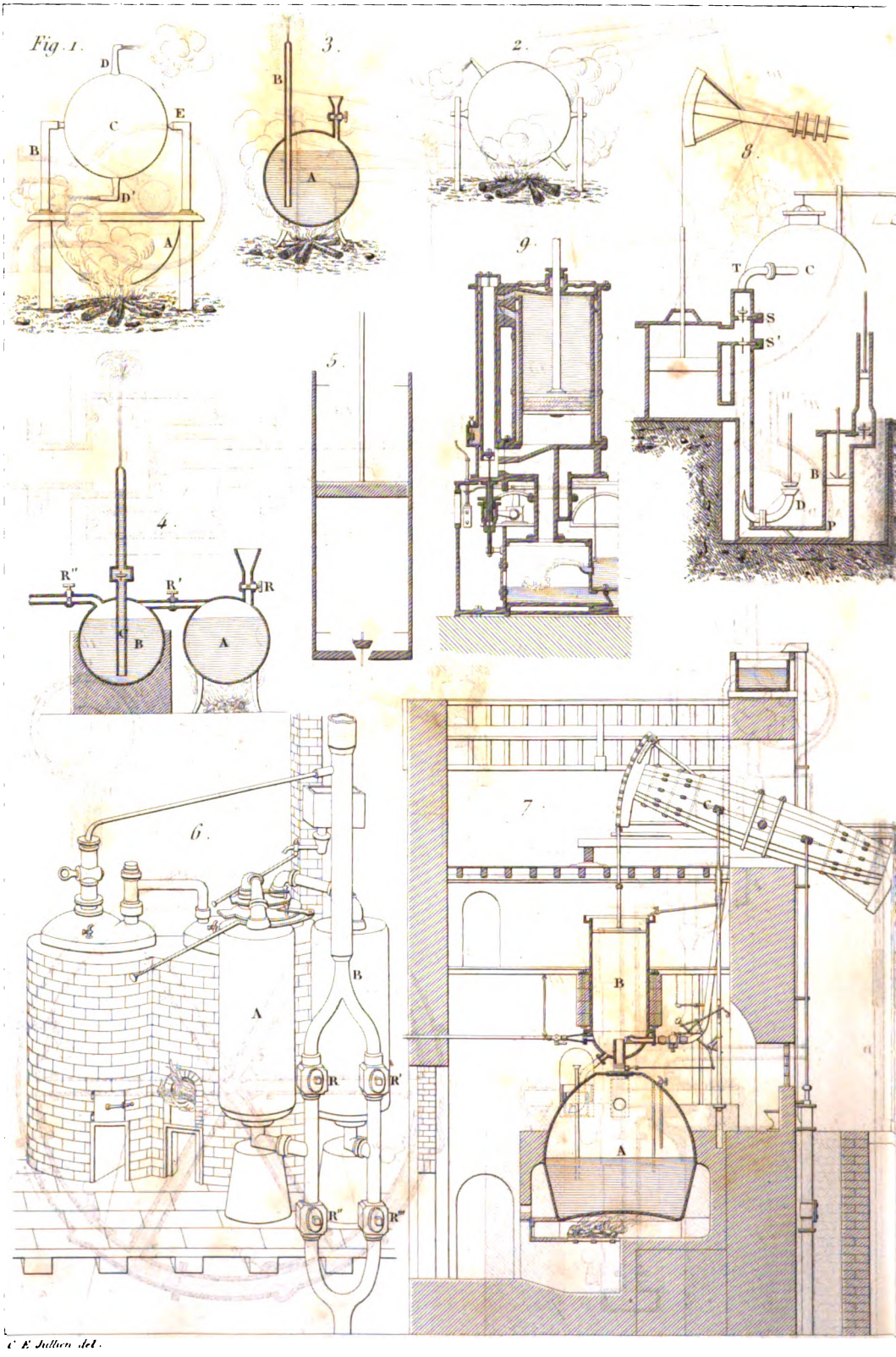
Dans les forges pyrénéennes où l'on dispose généralement d'un excès de force motrice, on emploie presque partout, pour machines soufflantes, des *trompes*, dont l'une est représentée dans les fig. 1480, 1481 et 1482. Elle se compose de deux arbres verticaux forés *b*, *b*, qui plongent inférieurement dans une caisse *c*, de forme variable, et qui aboutissent par le haut à un réservoir *a*, où afflue un courant d'eau. Les arbres, de forme carrée ou cylindrique, sont munis à leur partie supérieure d'entonnoirs évasés *p*, qui descendent dans leur intérieur et que l'on peut fermer ou bien ouvrir plus ou moins à l'aide de tampons en bois. Ces entonnoirs, un peu au-dessous de l'extrémité supérieure des arbres, ont un étranglement ou *étranguillon*, autour duquel l'arbre est percé de plusieurs trous *q*, appelés *aspirateurs*. La colonne d'eau qui traverse l'étrangle-



1480. 1482. 1481.

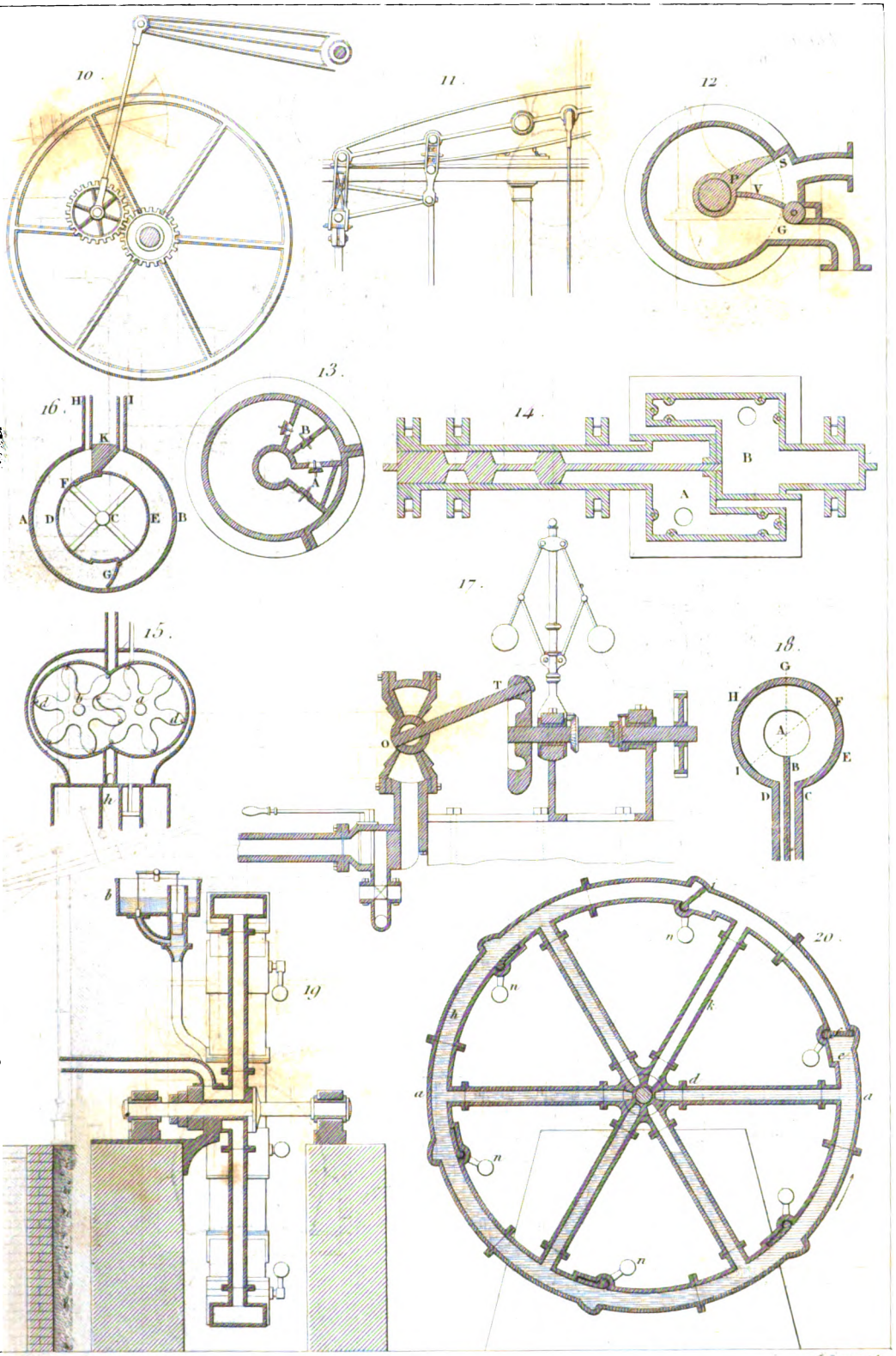
Digitized by Google

Digitized by Google



C. E. Jullien del.

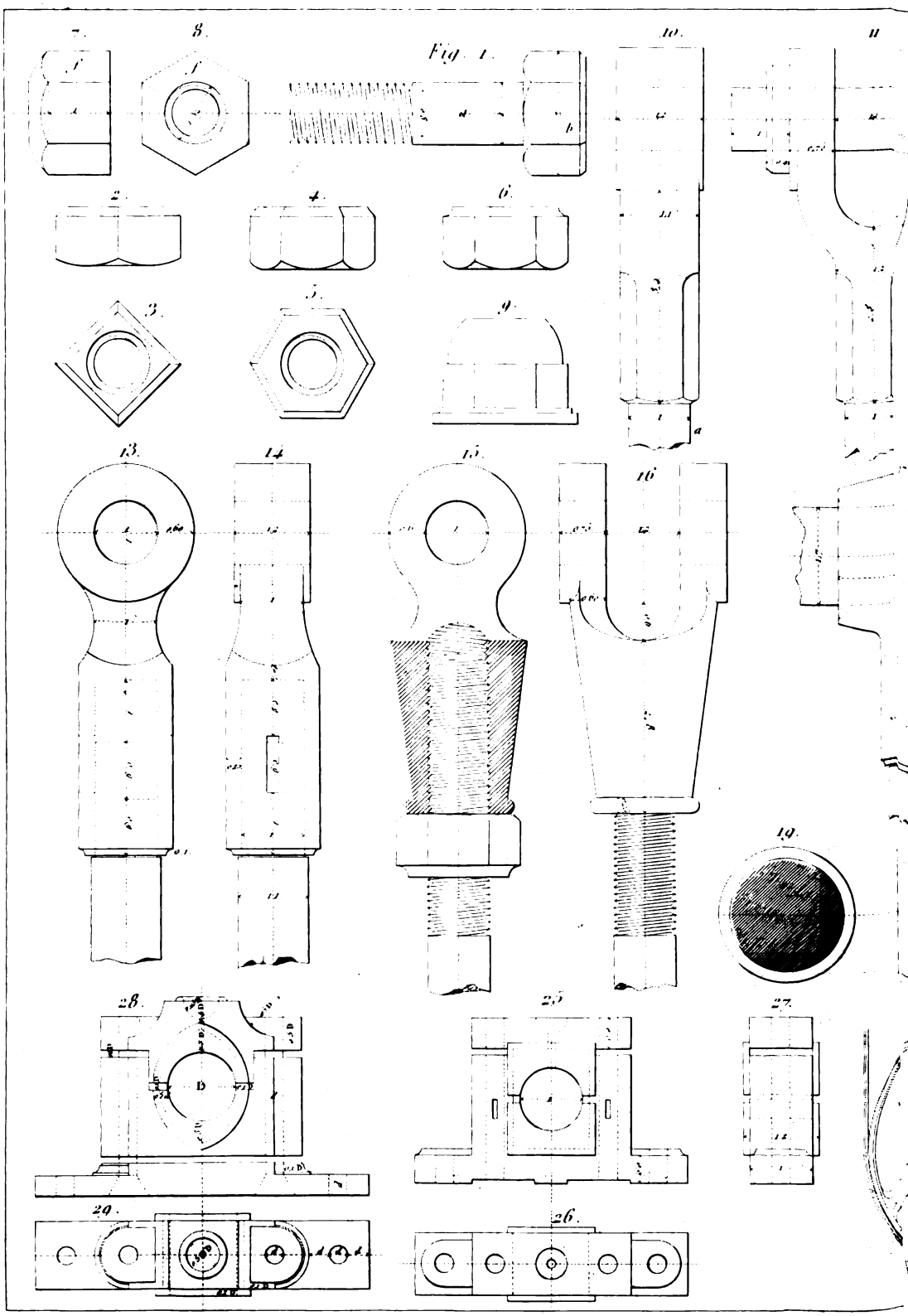
Digitized by Google



Digitized by Google

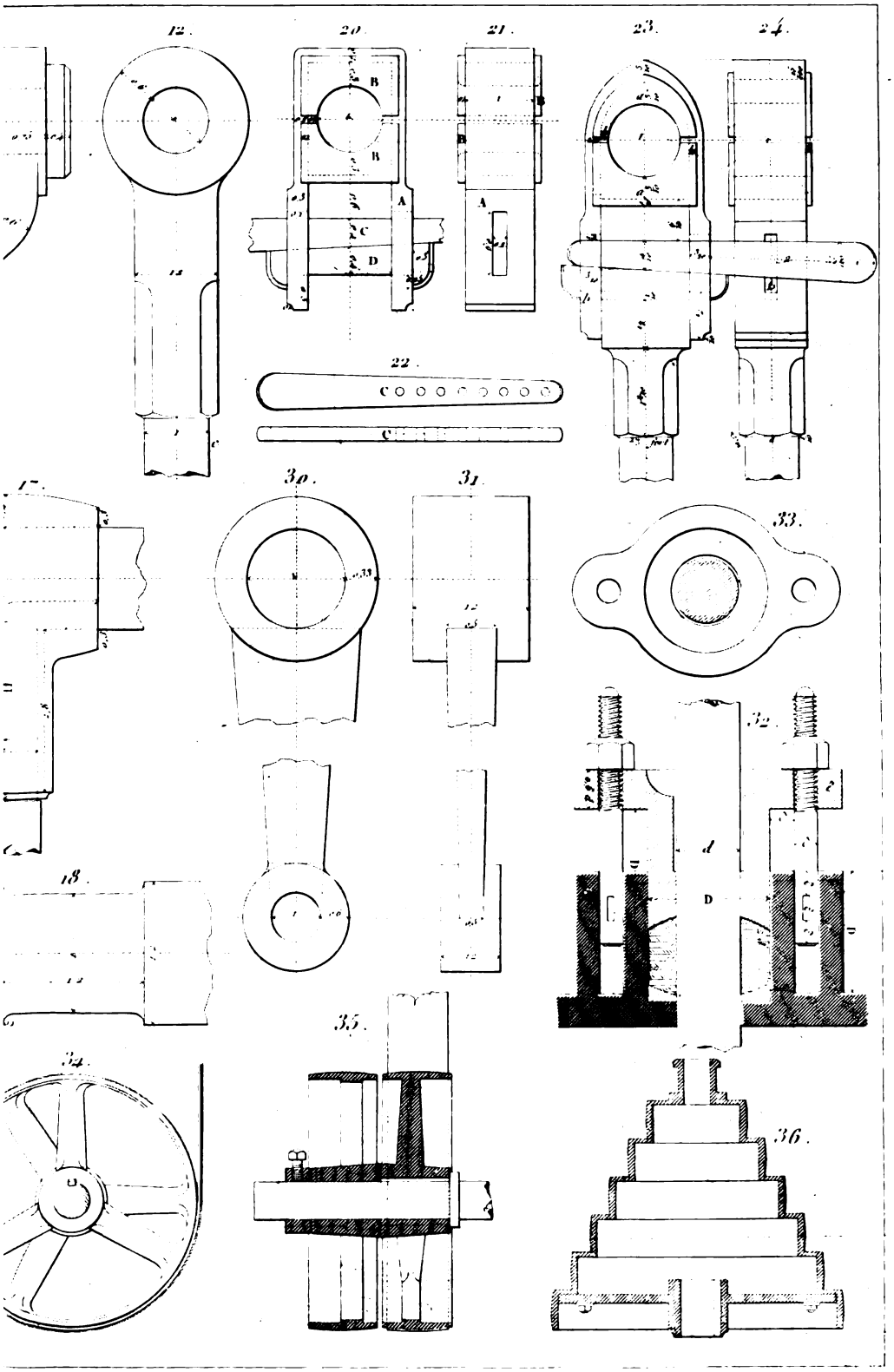
Digitized by Google

Digitized by Google



C. E. Sullivan del.

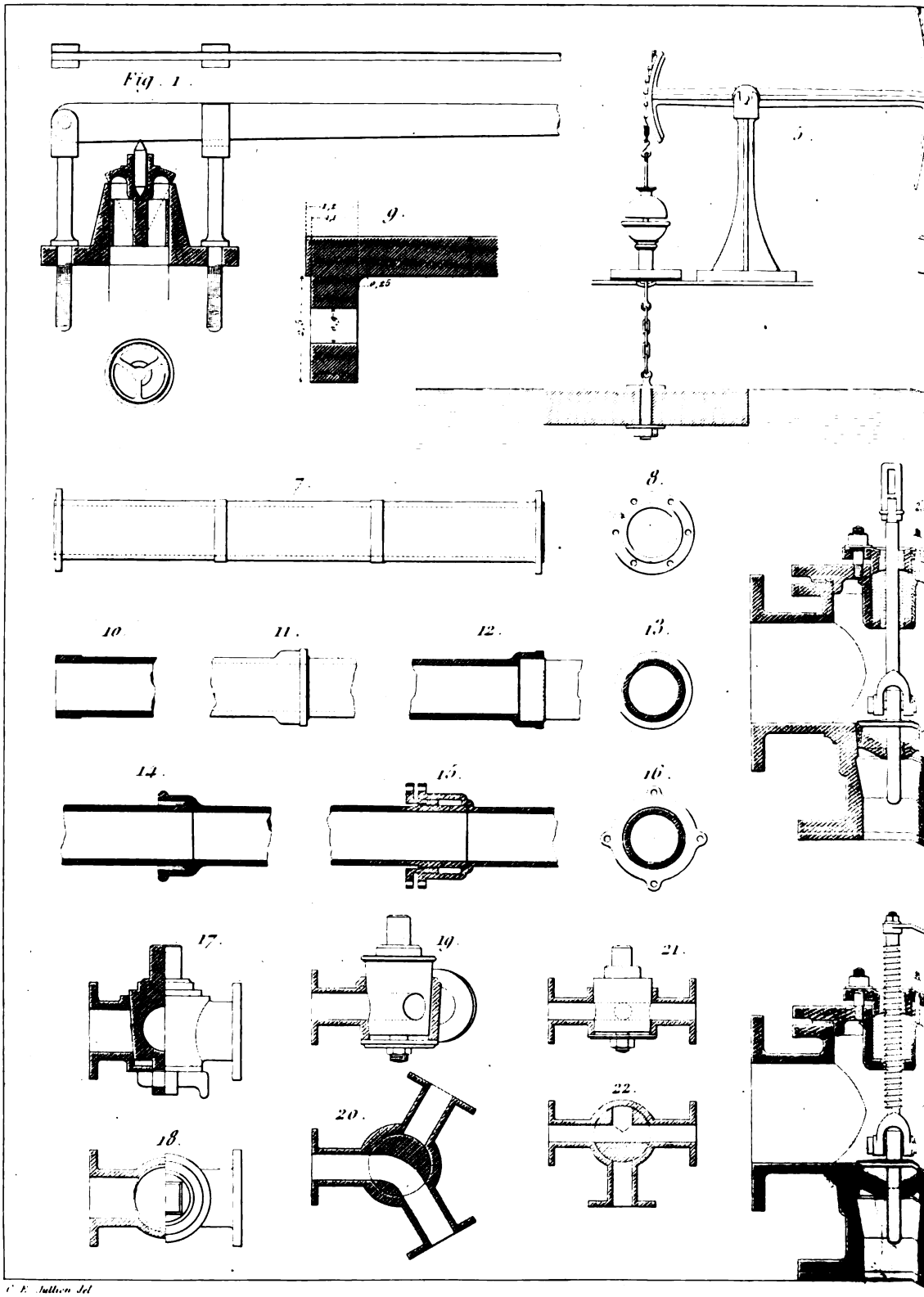
Digitized by Google



Digitized by Google

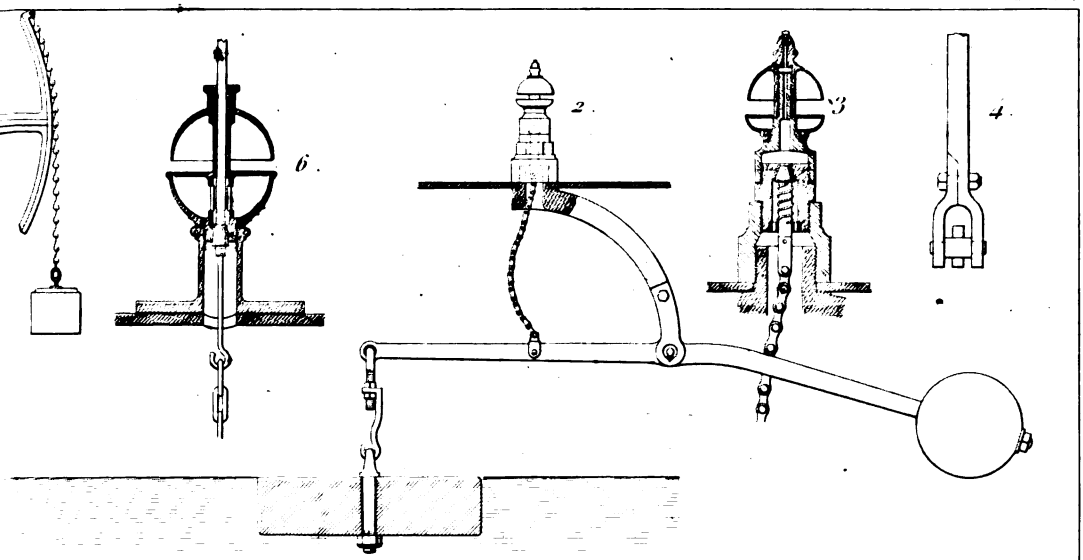
Digitized by Google

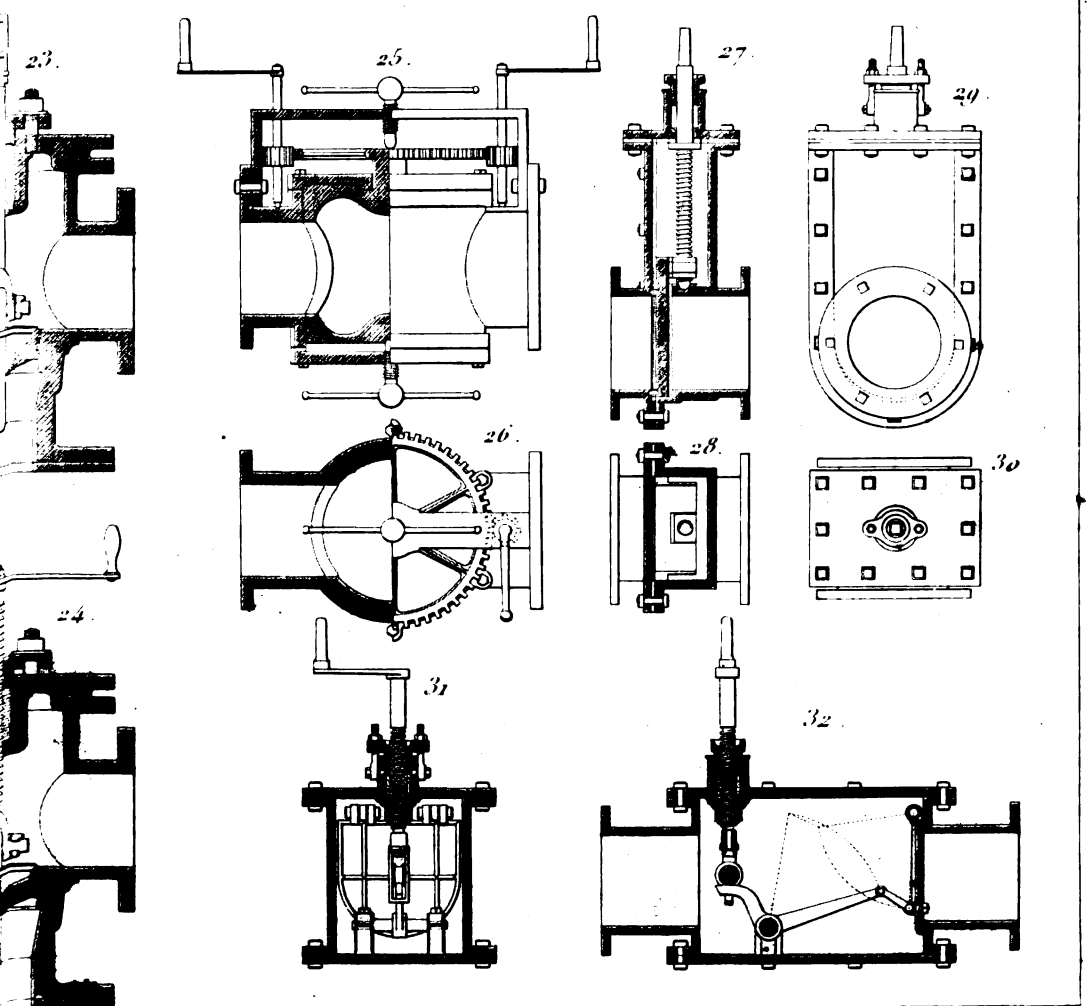
Digitized by Google



C. E. Sullivan Jel

Digitized by Google

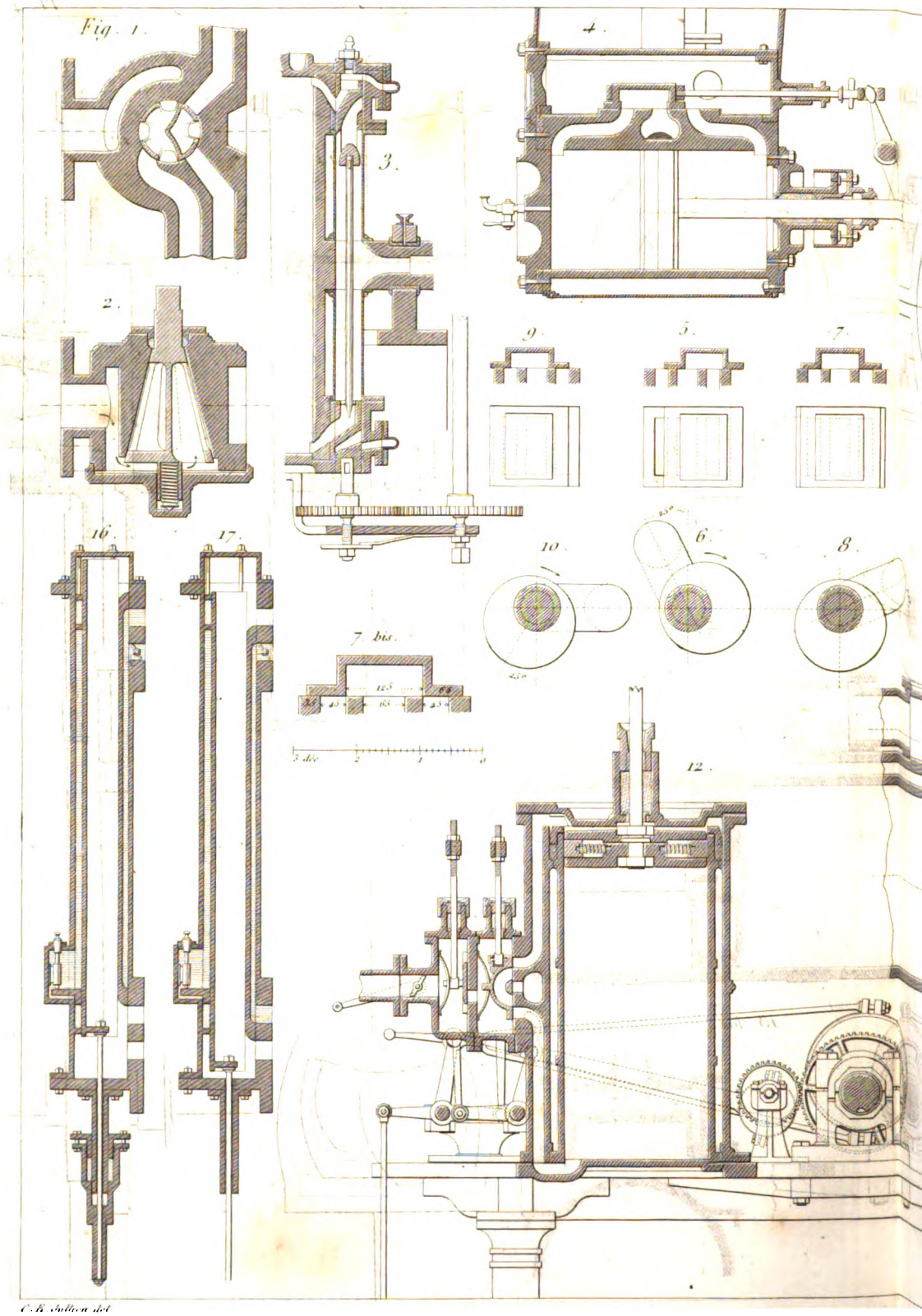




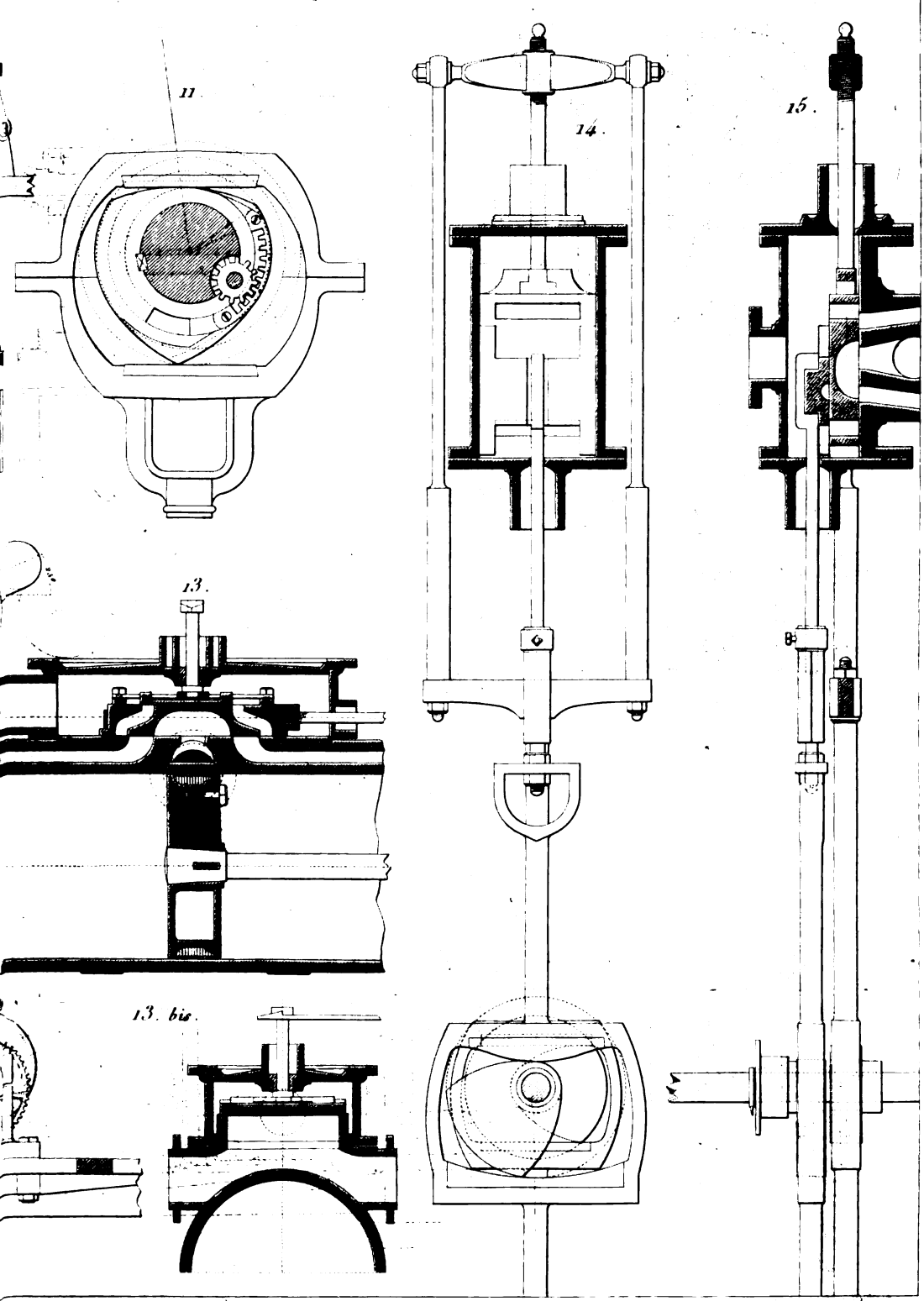
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



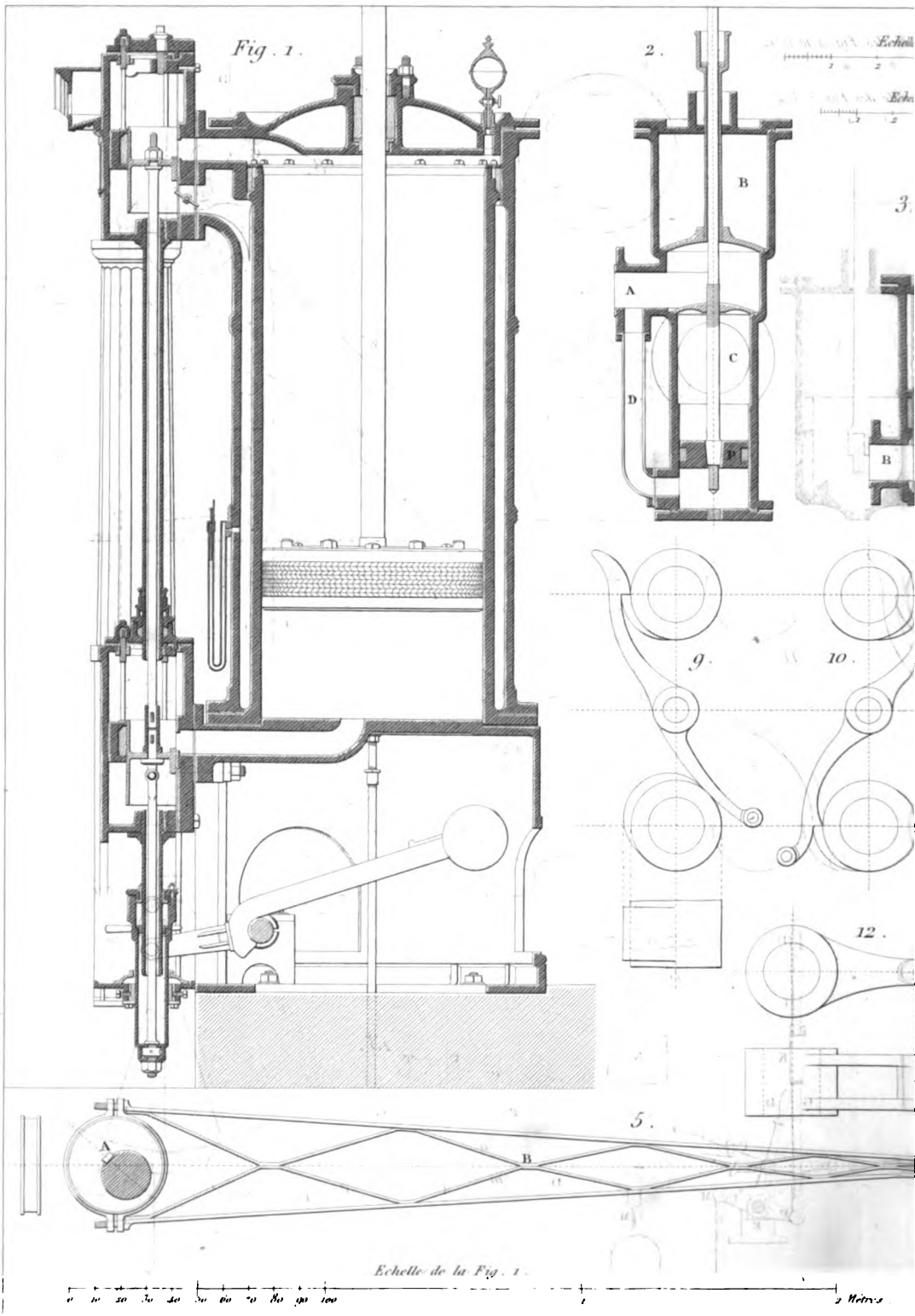
Digitized by Google



Digitized by Google

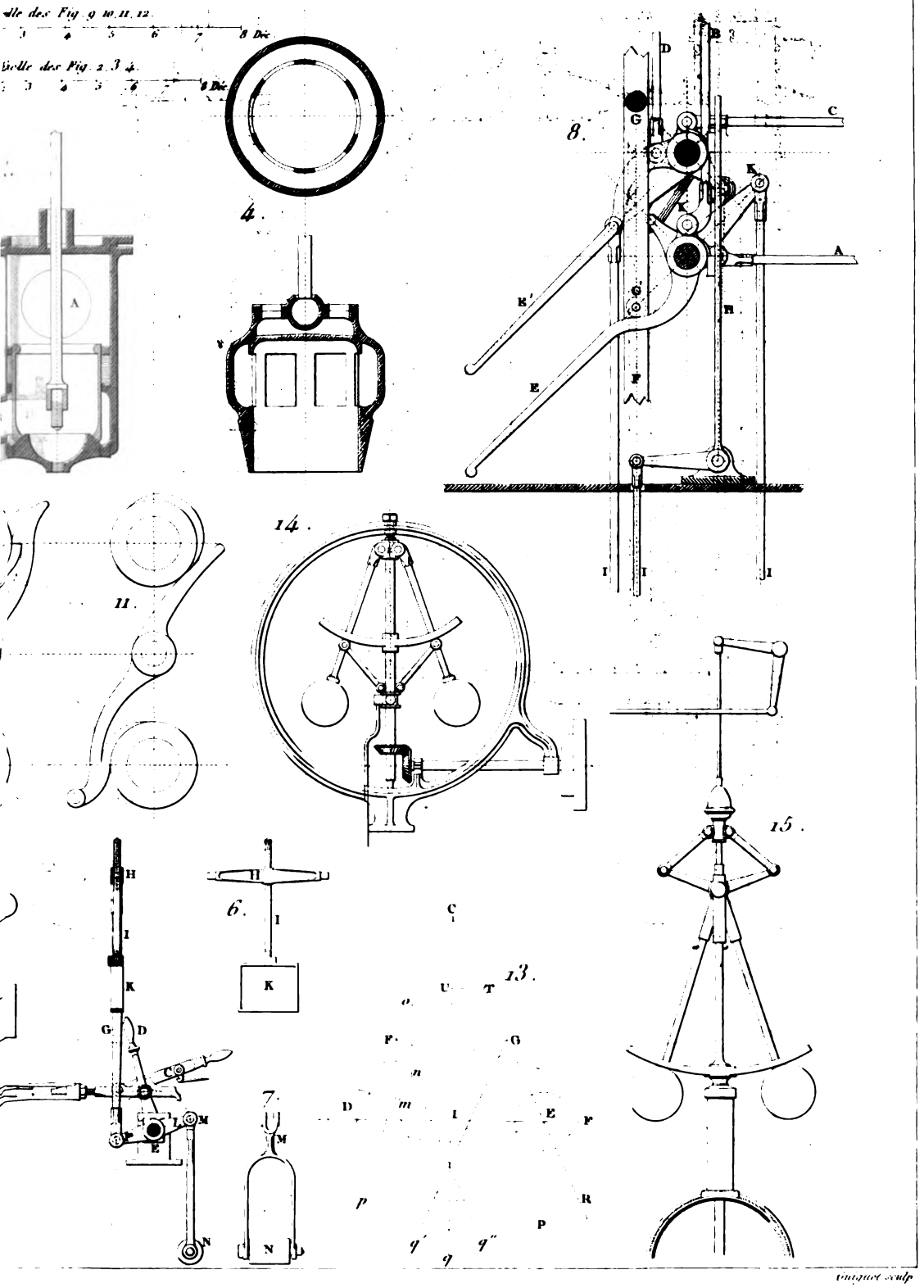
Digitized by Google

Digitized by Google



C. E. Jullien del

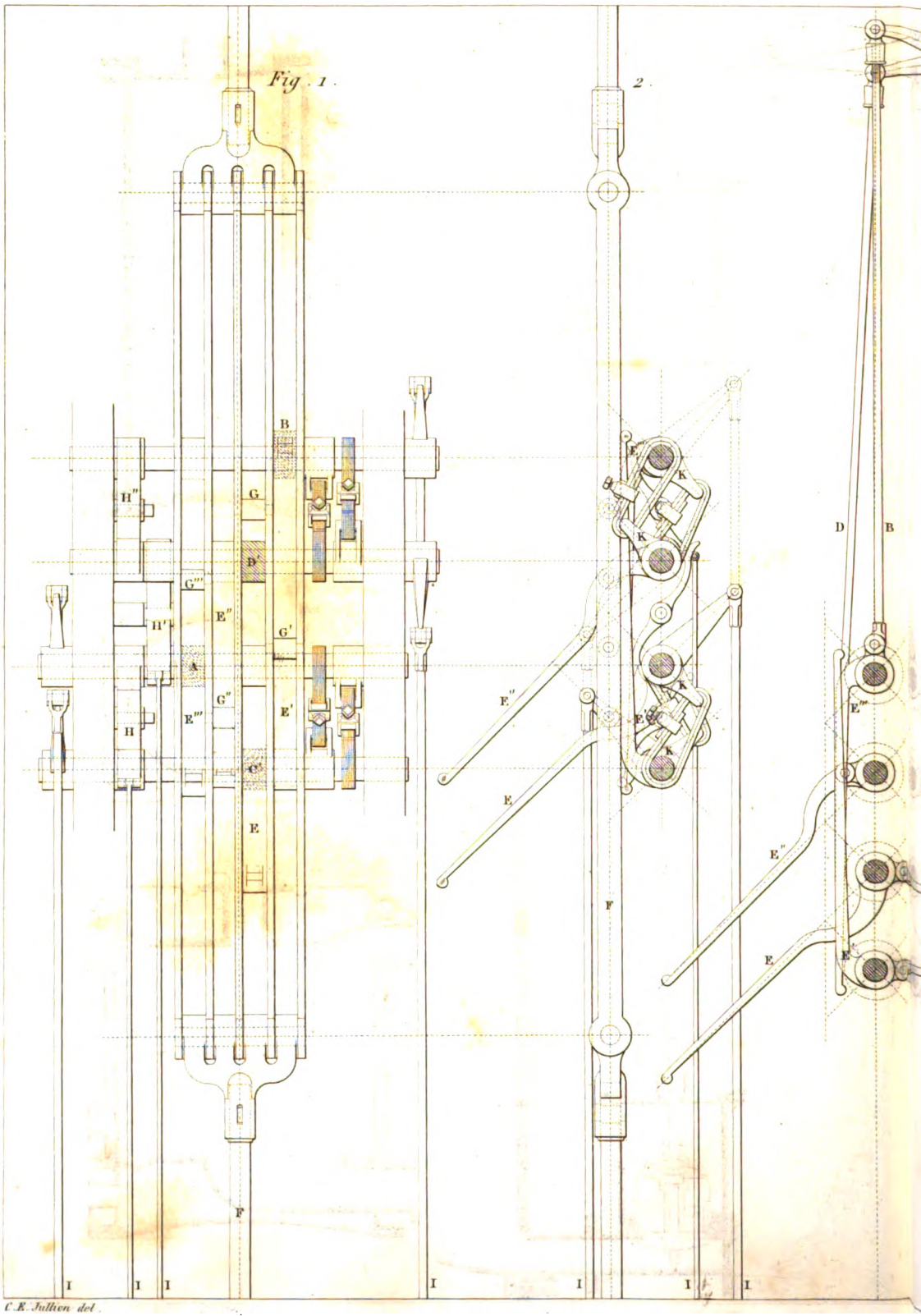
Digitized by Google



Digitized by Google

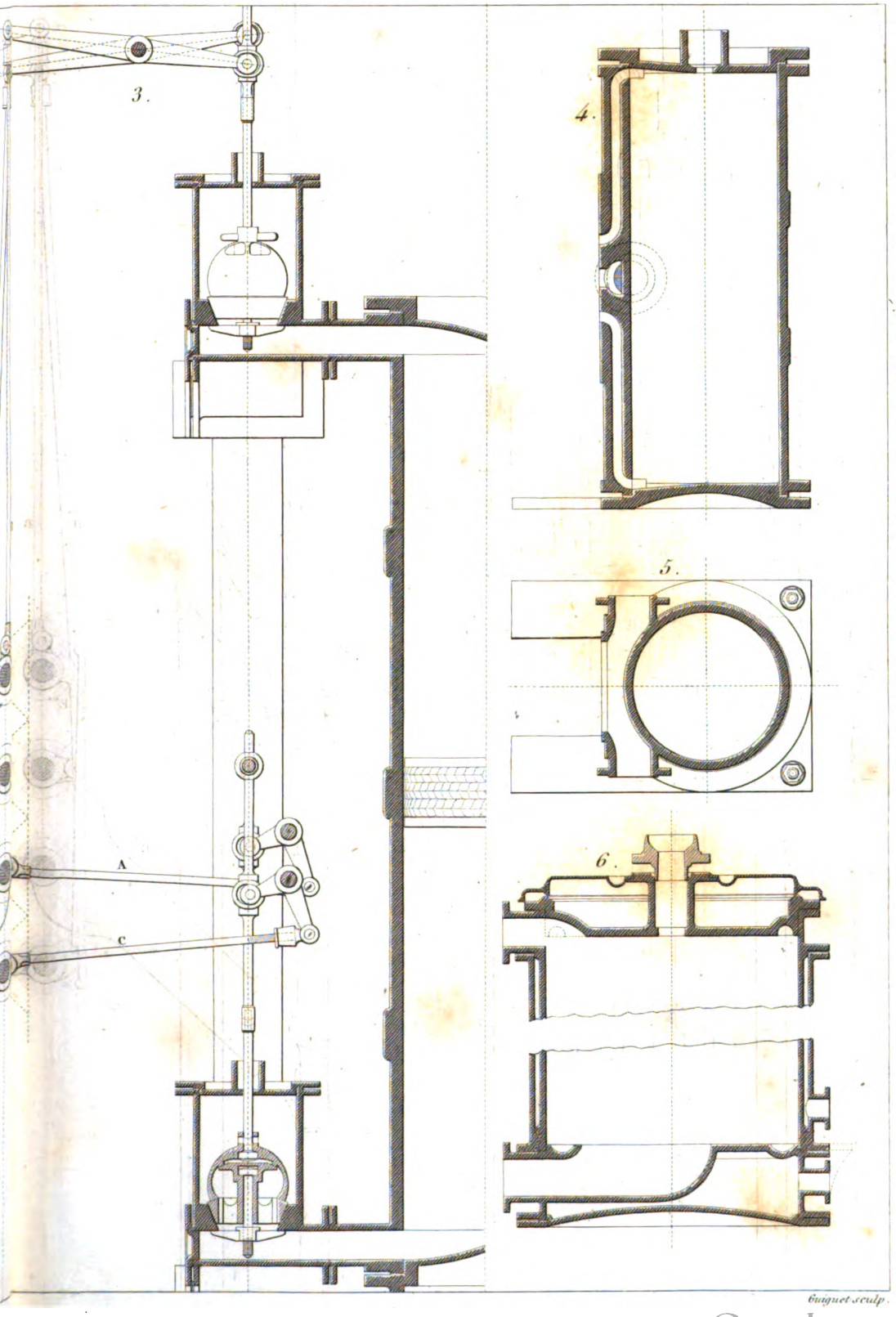
Digitized by Google

Digitized by Google



C.E. Sullivan del.

Digitized by Google



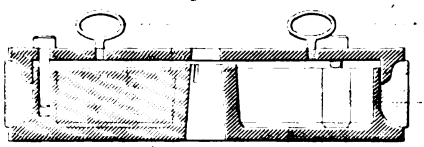
Guiguet sculp.

Digitized by Google

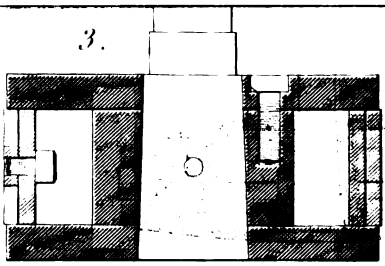
Digitized by Google

Digitized by Google

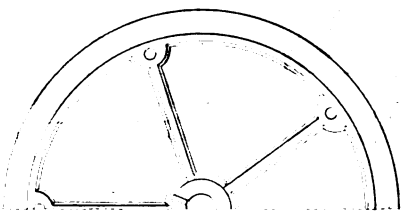
Fig. 1.



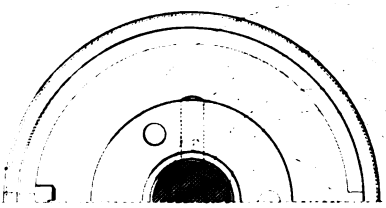
3.



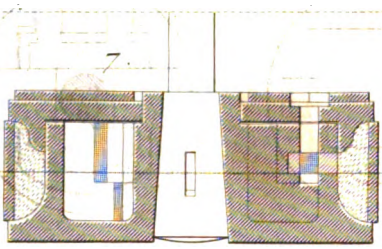
2.



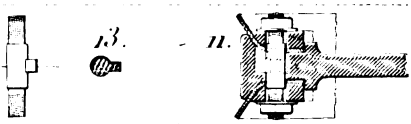
4.



7.



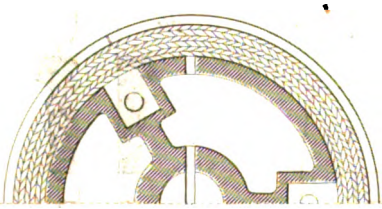
12. 13. 11.



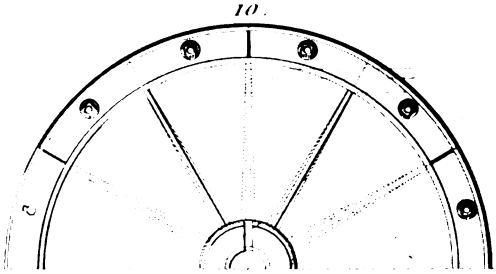
9.



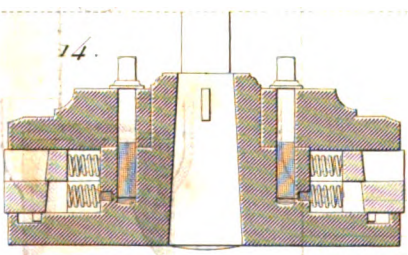
8.



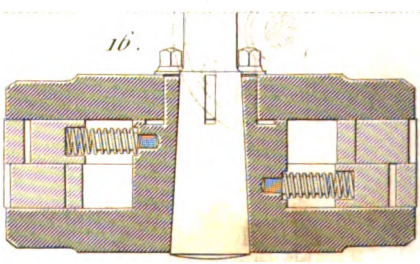
10.



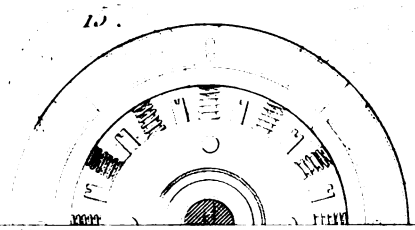
14.



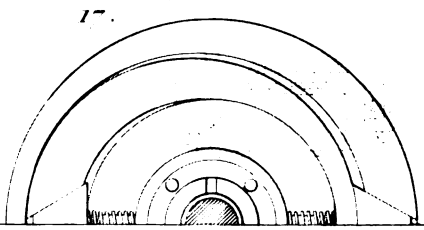
16.



15.



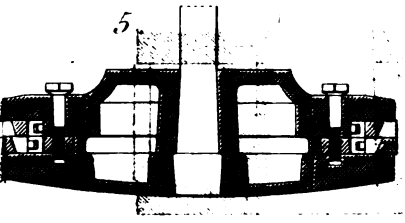
17.



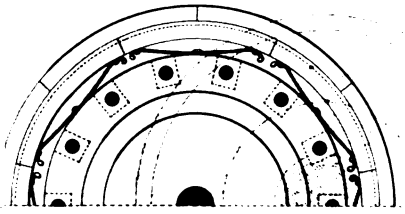
C. E. Sutton del

Digitized by Google

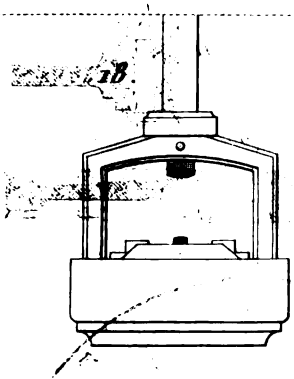
5.



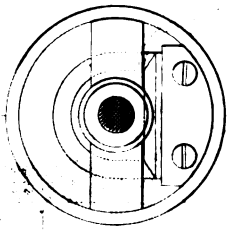
6.



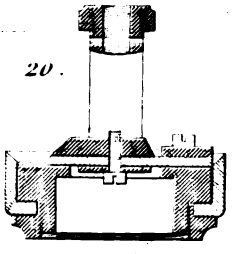
18.



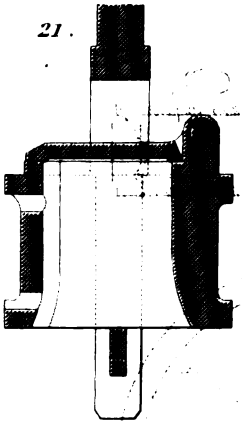
19.



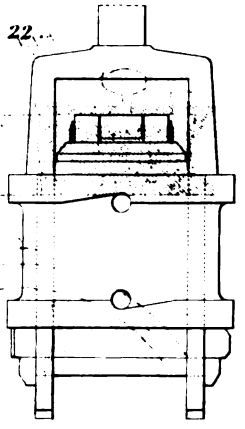
20.



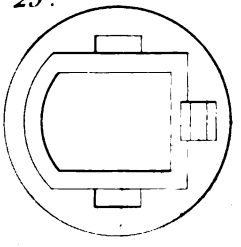
21.



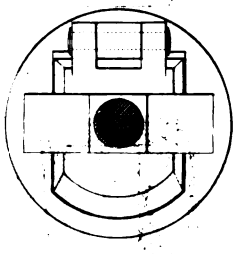
22.



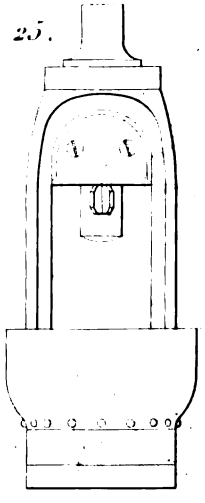
23.



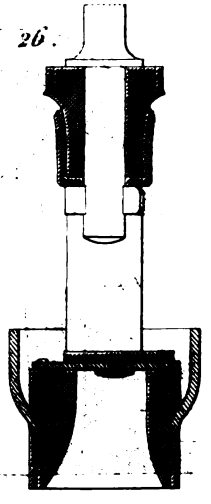
24.



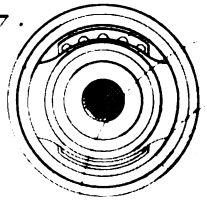
25.



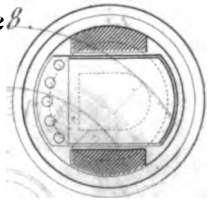
26.



27.



28.

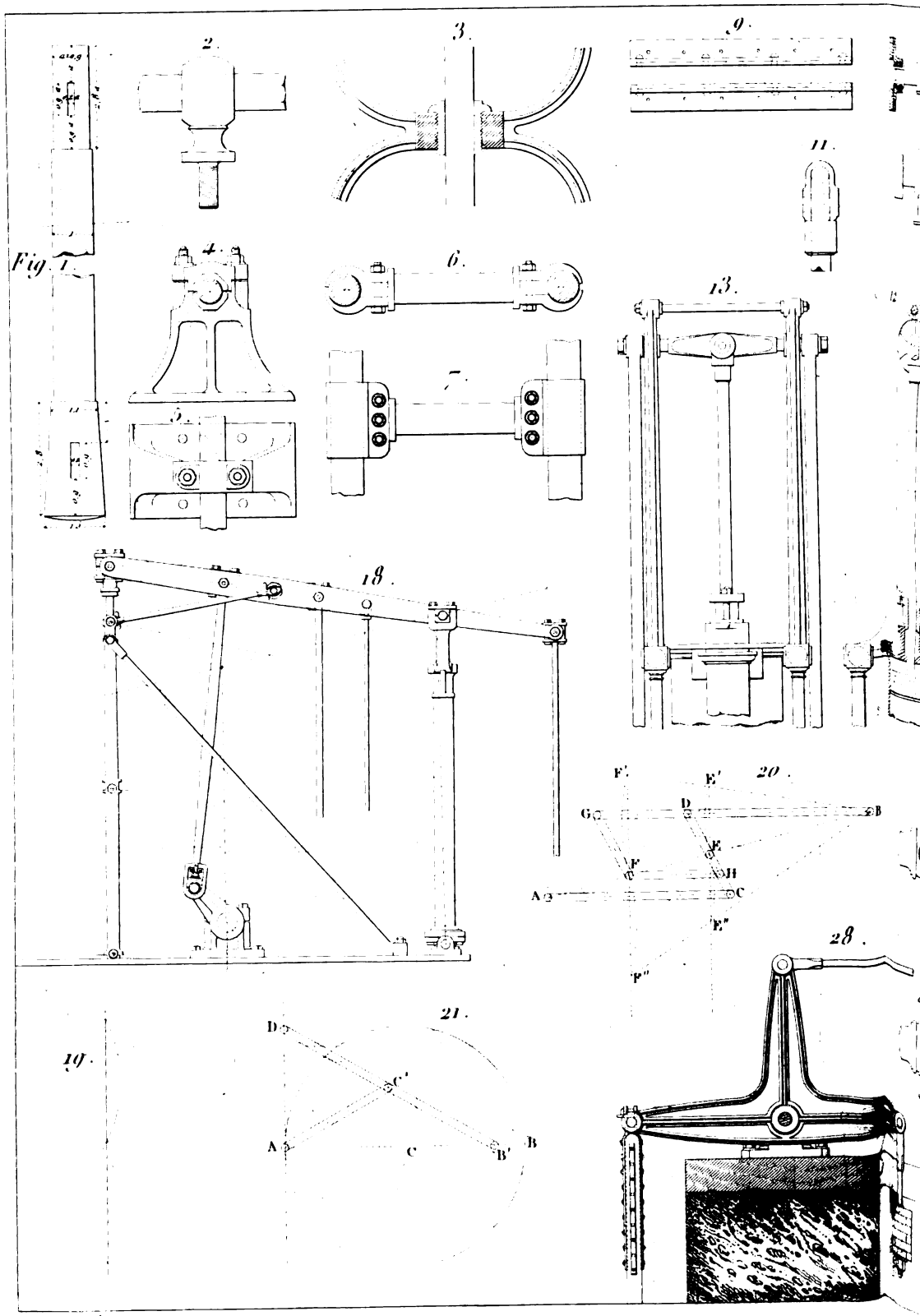


Poignet sculp.

Digitized by Google

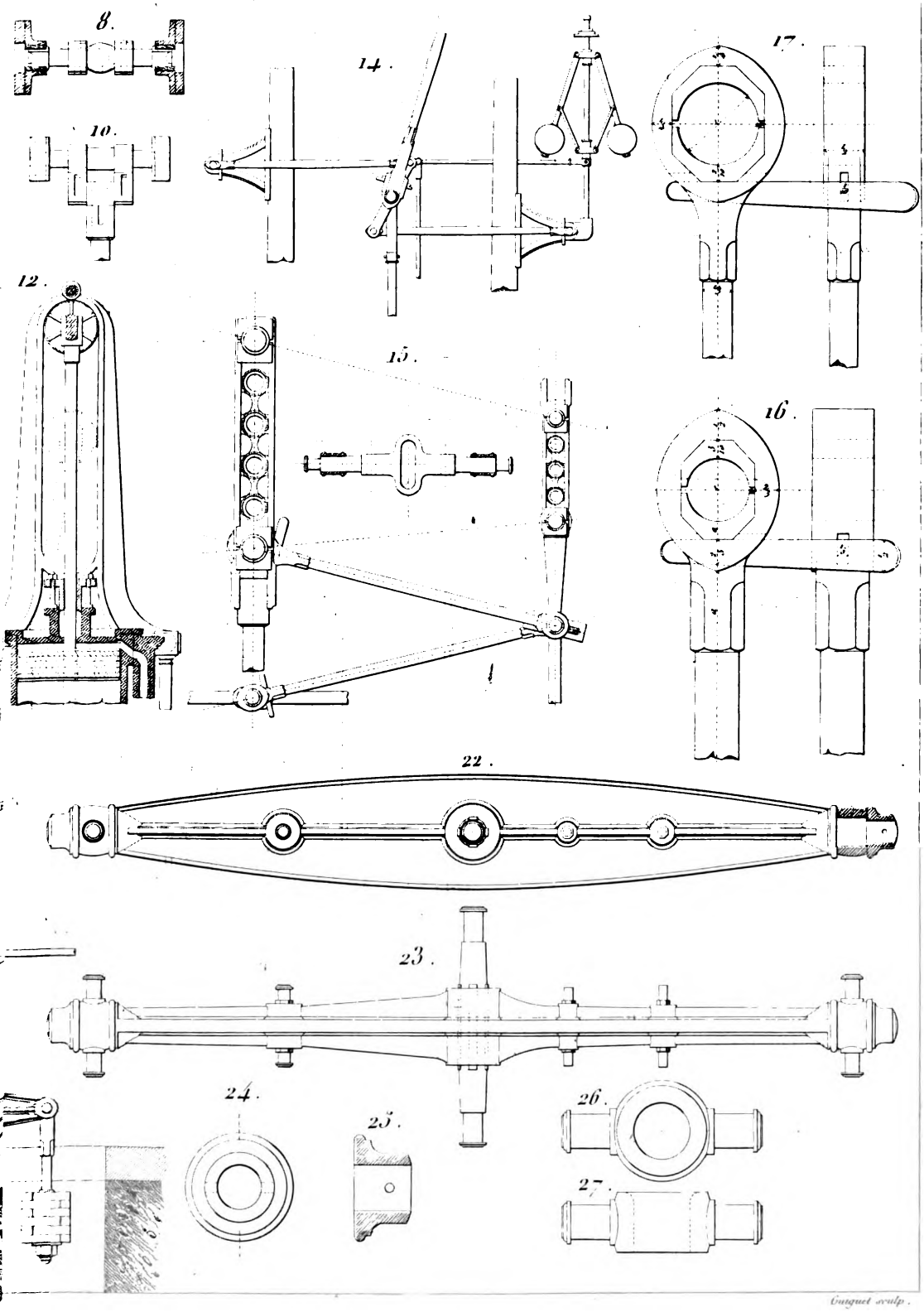
Digitized by Google

Digitized by Google



C. E. Jullien del

Digitized by Google



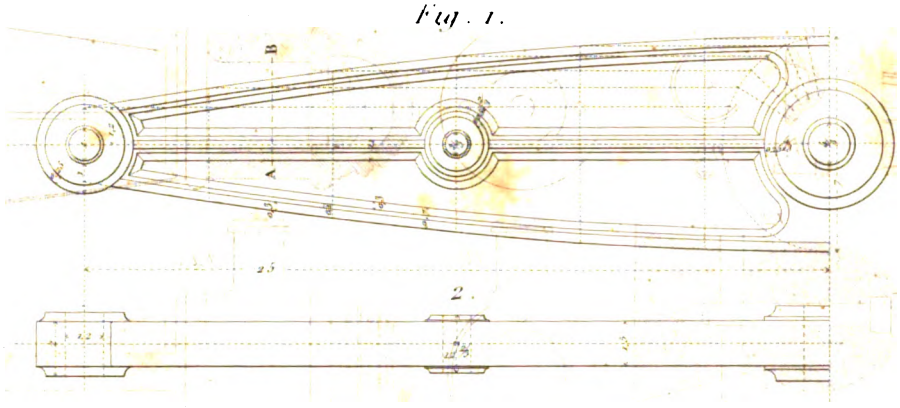
Guiguet sculp.

Digitized by Google

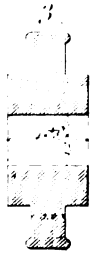
Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 1.



3.



Coupe sur A.B.

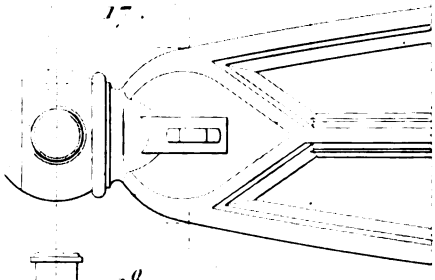
4.

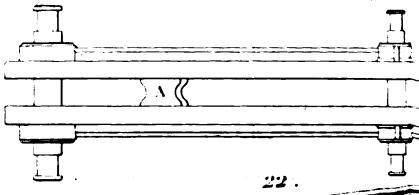


19.



17.

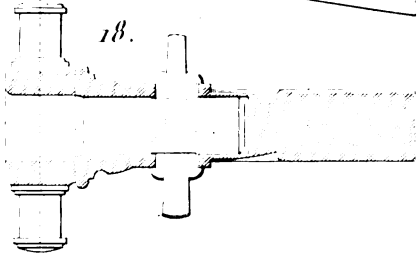




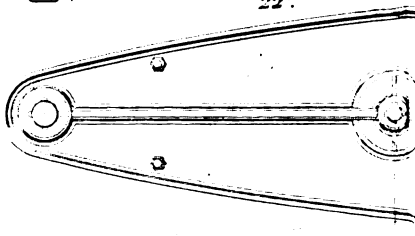
20.

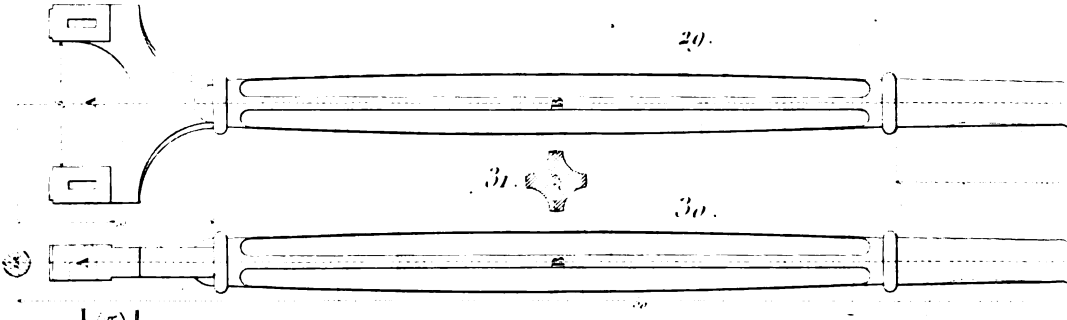


18.



22.

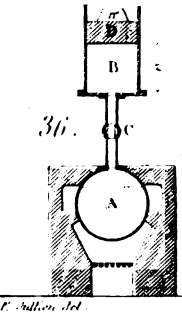




29.

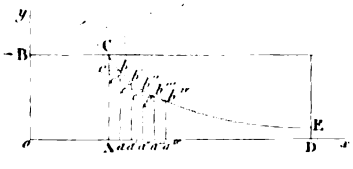
31.

30.

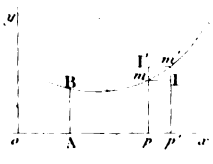


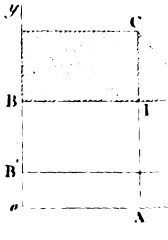
36.

37.



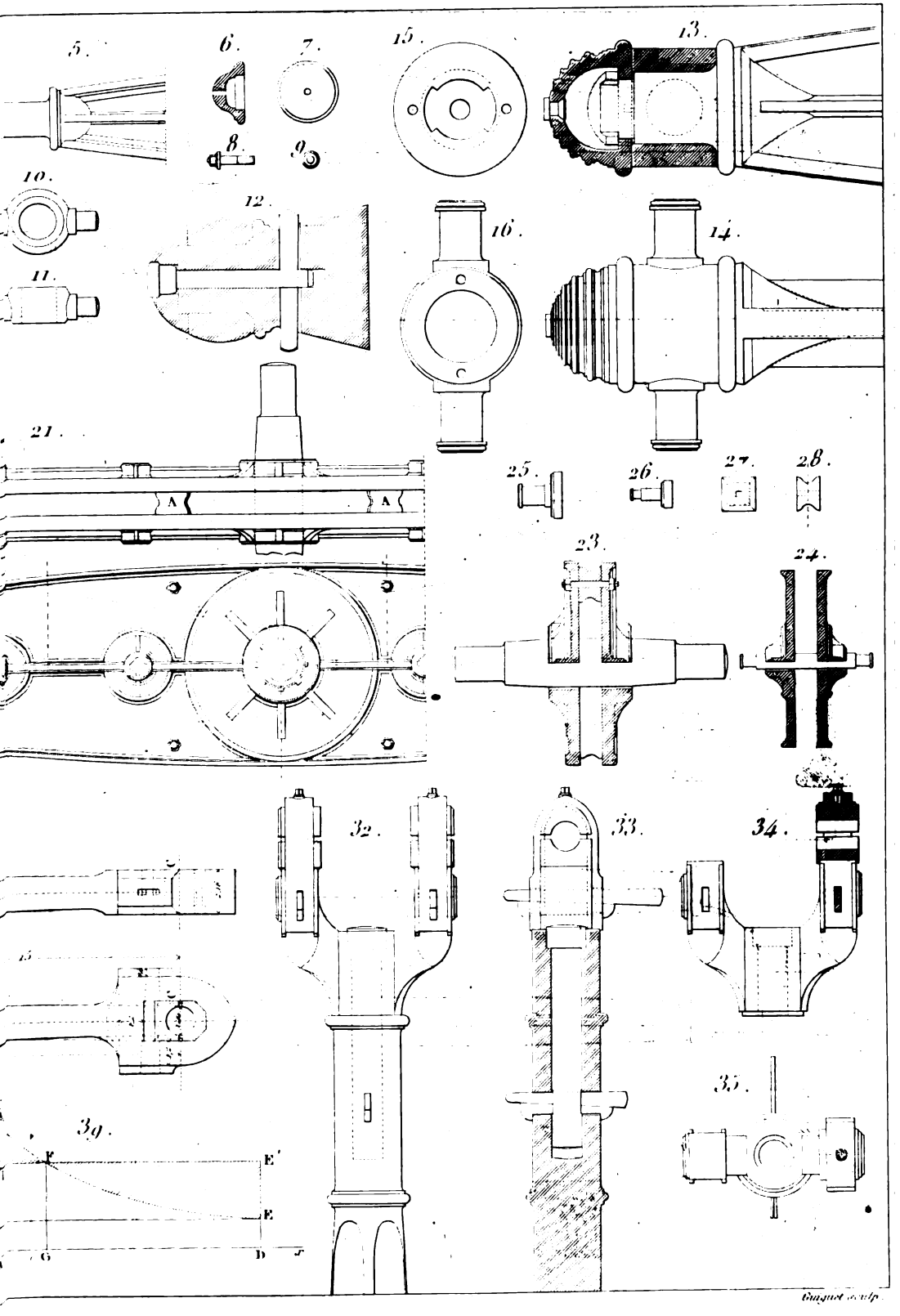
38.





C. F. Sallion del.

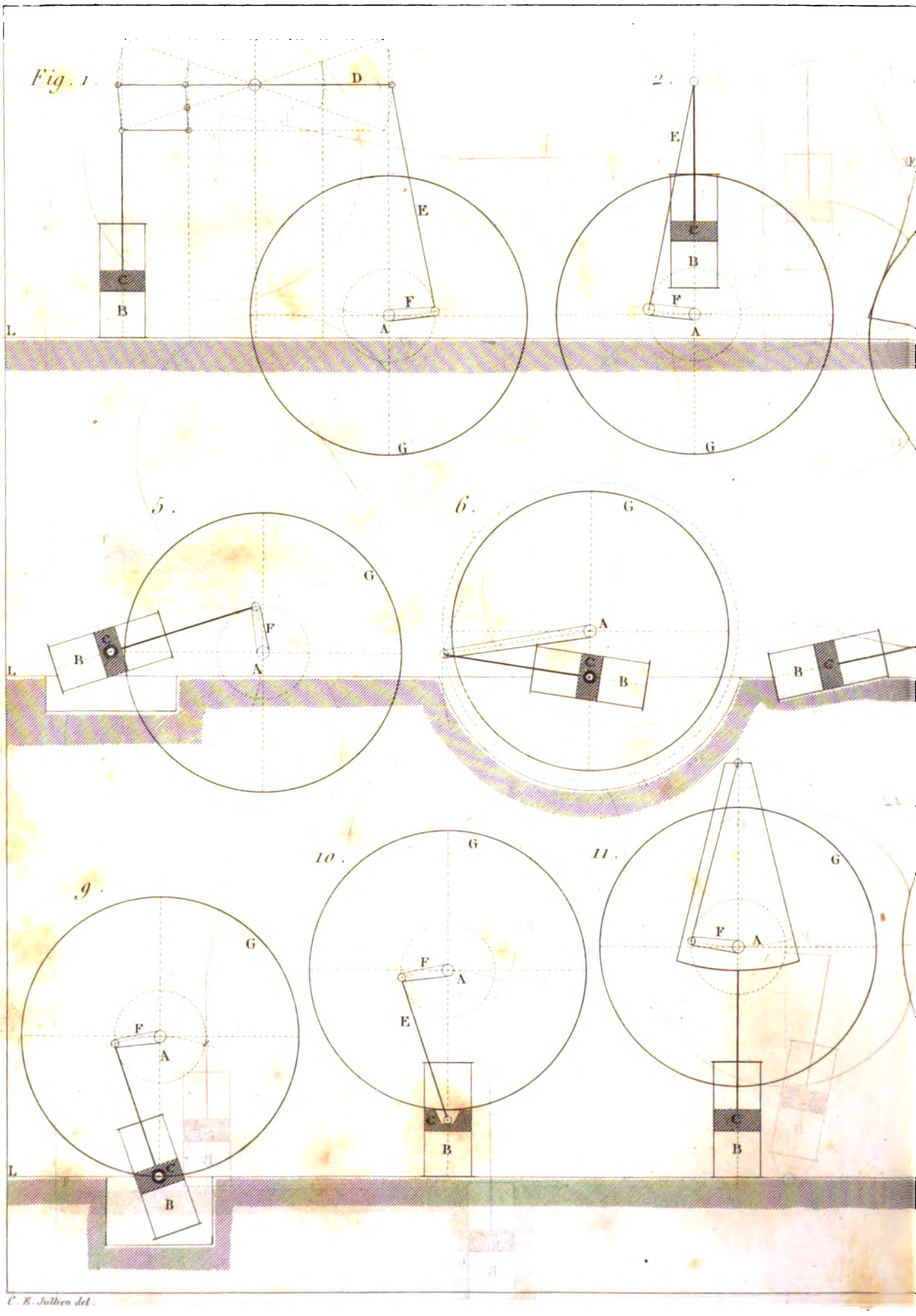
Digitized by Google



Digitized by Google

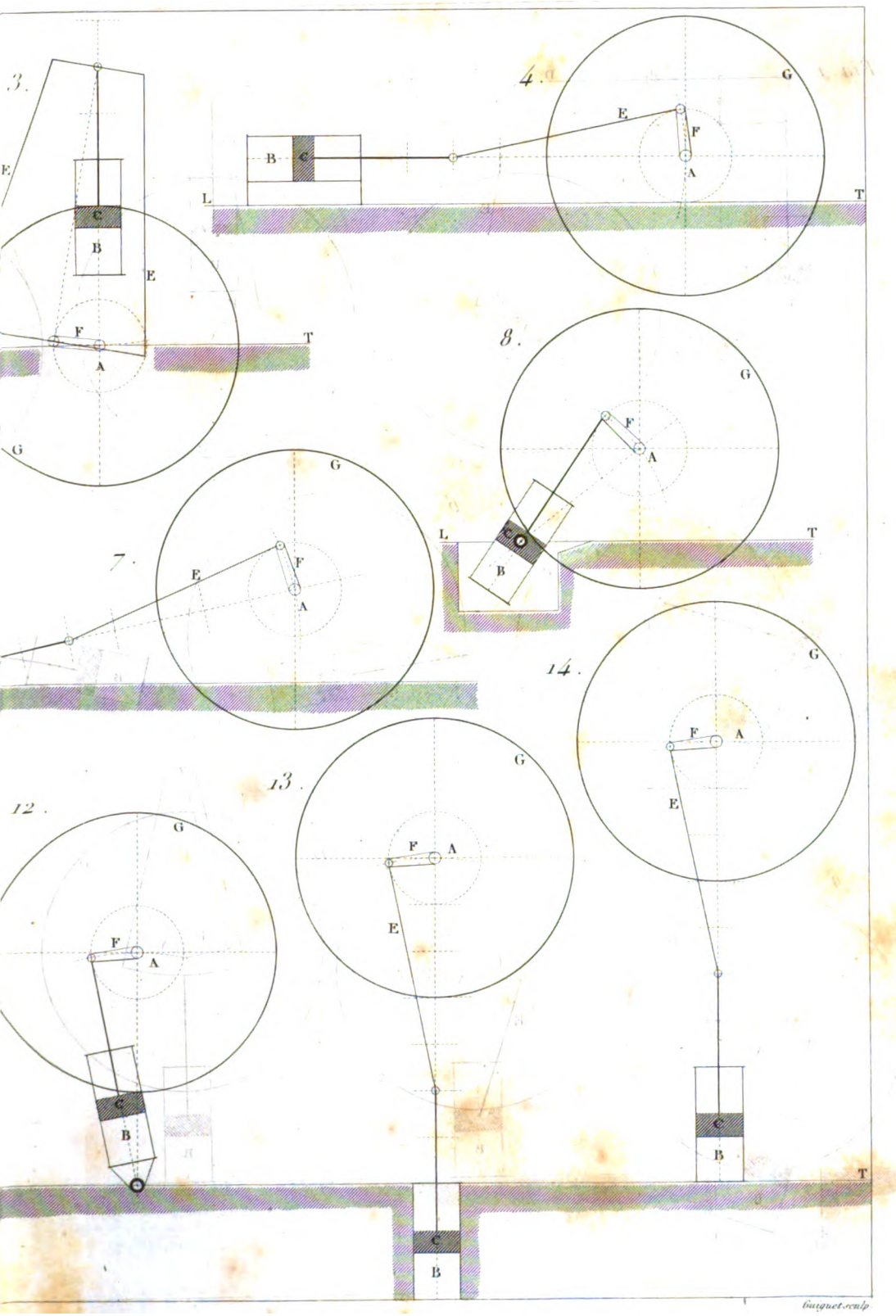
Digitized by Google

Digitized by Google



C. E. Jolliet del.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

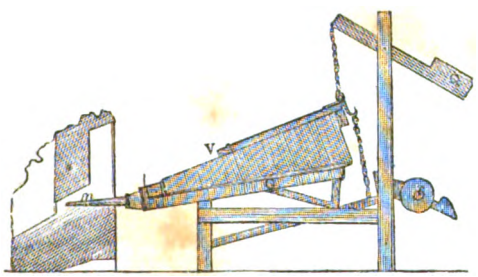
ment et qui entraîne l'air fourni par les aspirateurs, vient heurter, dans la caisse inférieure, un fort madrier *d*, appelé le *tablier*, sur lequel elle se brise, en laissant dégager l'air qui adhérait à ses filets. L'air accumulé dans la caisse suit un tuyau vertical *e f g h*, appelé l'*homme*, puis un tuyau flexible de peau de mouton *j*, pour se rendre à la buse *k*, qui consiste en un tube de fer portant le nom de *canon de bourrec*. L'eau alimentaire s'échappe de la caisse *c*, par l'ouverture *l*, s'élève dans la caisse *n*, jusqu'à un niveau déterminé par la hauteur de la cloison *m*, et passant ensuite par dessus celle-ci, s'écoule par l'orifice *o*.

Au lieu de régler la quantité d'eau débitée par la trompe, au moyen de tampons en bois qui ferment plus ou moins l'étranglement *p*, on adapte quelquefois au canal *a*, une vanne mobile *b* (fig. 1482), percée dans sa hauteur d'un trou *c c*, qui remplit l'office d'un aspirateur.

Une trompe bien établie ne rend que 10 p. 100 d'effet utile.

Il y a deux siècles, on se servait généralement, en Europe, de doubles soufflets en cuir analogues à ceux que l'on voit encore dans les forges de maréchaux. Plus tard, on remplaça le cuir, qui s'usait assez rapidement, par des plateaux en bois munis de ressorts, et au lieu d'un seul soufflet, on en mit deux pour régulariser le vent. Ces machines, quoique fort imparfaites, firent faire un grand pas à la métallurgie, et sont encore employées sur le continent dans un grand nombre d'usines à plomb, à étain, et de feux de forge : on leur a donné le nom de *soufflets pyramidaux*.

La figure 1483 représente l'élévation d'un pareil soufflet. *m*, est la buse du soufflet ; G, la partie fixe inférieure ; et V, la partie mobile supérieure, qui est relevée par une chaîne placée à l'extrémité d'un levier à



1483.

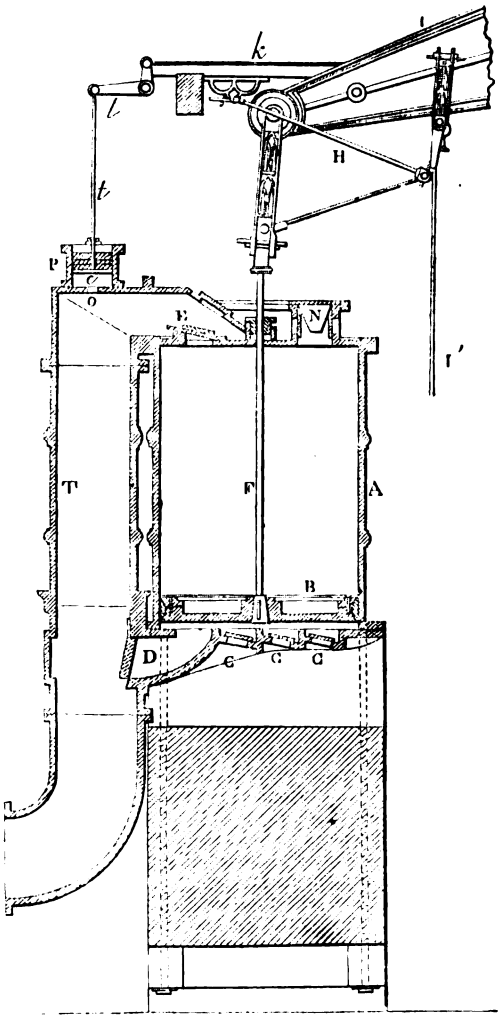
contre-poids, et abaissée par l'action de cames situées sur l'arbre moteur et qui agissent sur l'extrémité d'un levier de la seconde espèce relié par une chaîne à cette partie.

L'effet utile des soufflets pyramidaux est de 0,25 à 0,30 de la force existant sur l'arbre des cames.

Après ces soufflets, on a employé, et on emploie encore dans quelques endroits, des caisses rectangulaires en bois, munies supérieurement de clapets s'ouvrant du dehors au dedans, et dans lesquelles se meuvent des pistons en bois garnis de liteaux à ressorts ; l'air s'échappe de ces caisses par des soupapes placées en sens contraire des précédentes, et se rend par un tuyau dans le porte-vent ou dans le régulateur.

De là, aux machines soufflantes à pistons, que l'on emploie généralement aujourd'hui, à cylindre alésé en fonte, et double effet, il n'y avait qu'un pas. La fig. 1484 donne la coupe d'une de ces machines : A, est le cylindre alésé en fonte, dans lequel se meut le piston B, dont la tige F, traverse le couvercle dans une boîte à étoupes M, et vient s'attacher au parallélogramme articulé H, qui termine le balancier I, mû

par une machine à vapeur ou tout autre moteur ; l'air est aspiré au-dessous du piston par les trois soupapes C, C, C, et au-dessus par les deux soupapes N ; il est refoulé, par les soupapes D et E, dans le tube T, qui le conduit aux régulateurs ou directement au porte-vent. Au-dessus de ce tuyau se trouve une ouverture O, qui



1484.

communique avec un petit cylindre P, dans lequel se meut un piston *c*, dont la tige *t*, est liée par le moyen de leviers coudés et de bielles *l*, *k*, I', etc., à la valve d'arrivée de la vapeur motrice, ou à la vanne d'arrivée de l'eau, suivant que le moteur est une machine à vapeur ou une roue hydraulique ; de sorte que celle-ci se trouve réglée par la pression de l'air, sous le piston *c*, qui demeure ainsi sensiblement constante.

Lorsque le moteur est une roue hydraulique et que l'on a peu de place, on dispose le cylindre soufflant au-dessus d'un arbre parallèle à l'arbre de couche de la roue, qui communique avec ce dernier, au moyen d'un engrenage, et qui est lié par des manivelles coudées et des bielles à la tige du piston de la machine, dont le mouvement rectiligne est assuré par deux glissières verticales dans lesquelles roulent des galets por-

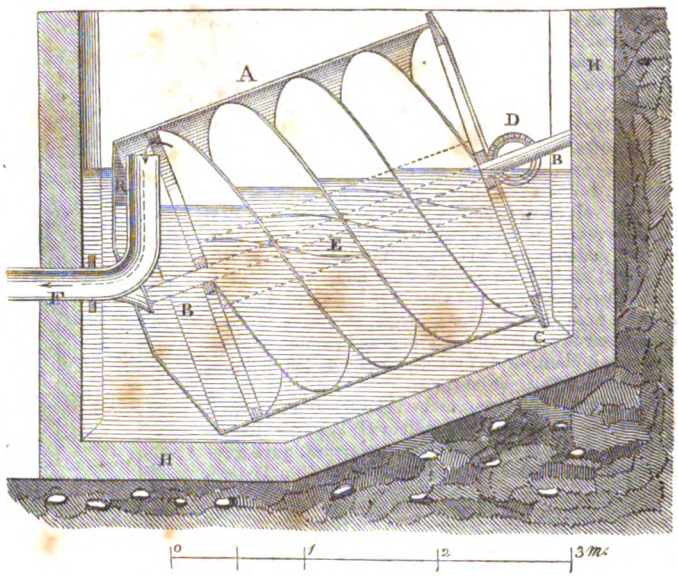
Digitized by Google

tés sur une tringle horizontale qui, en son milieu, est fixée à la tige du piston.

Les machines soufflantes à cylindre alésé en fonte, rendent 50 à 55 p. 100 d'effet utile, c'est-à-dire du travail transmis à l'arbre moteur.

On emploie dans quelques localités des gazomètres en tôle, guidés dans leur course par un ou deux guides passant dans des boîtes à étoupes, et animés d'un mouvement rectiligne alternatif dans une cuve pleine d'eau ; ils portent à leur partie supérieure des soupapes s'ouvrant du dehors en dedans pour aspirer l'air lors de leur mouvement ascensionnel, et des tuyaux traversant le fond de la cuve viennent déboucher, par des soupapes s'ouvrant de bas en haut, dans l'intérieur des gazomètres au-dessus du niveau de l'eau, et donner écoulement à l'air qui s'y comprime lors de leur mouvement de descente. Dans ces machines l'eau sert de piston. Elles sont peu coûteuses d'établissement, et donnent des résultats satisfaisants.

Lorsqu'on a besoin d'un vent très régulier, que ne peuvent donner les machines que nous venons de décrire, on interpose entre la machine soufflante et le porte-vent un appareil qui porte le nom de *régulateur*. Ces régulateurs sont tantôt d'un grand volume, en tôle, en fonte, en bois et en maçonnerie, et à capacité constante, tantôt à poids constant : ces derniers sont de véritables gazomètres, analogues à ceux des usines à gaz, mais plus petits, ce sont alors des *régulateurs à eau;* tantôt ils sont composés d'un cylindre muni d'un piston mobile chargé d'un certain poids, ce sont des *régulateurs à piston*.



1485.

Il nous reste encore à parler de deux machines soufflantes, dont l'invention est plus récente, et qui diffèrent totalement des deux précédentes ; ce sont la vis d'Archimède et le tympan de la Faye employés comme machine soufflante.

C'est M. Cagniard de Latour qui a fait le premier, en 1809, l'application de la vis d'Archimède comme machine soufflante. Cette machine a reçu le nom de *Cagniardelle*, d'après celui de son inventeur. La figure 1485 qui représente la coupe d'une de ces machines établie à Mulhouse, dans la fonderie de MM. A. Koechlin et compagnie, et fournissant 35 mètres cubes d'air sous une pression de 27 millimètres de mercure, avec une vitesse de six tours par minute : A, cylindre en tôle formant le corps de la vis ; B, axe de ce cylindre fixé dans une position inclinée, et autour duquel tourne le cylindre. C, grande roue d'angle fixée au corps de la vis ; D, pignon engrenant avec la roue précédente et mis en mouvement par la machine à vapeur de l'établissement ; E, tube central pour la circulation de l'eau : il est quelquefois remplacé par un noyau plein. l'eau se dégorgeant alors simplement à la partie inférieure de la vis qui est ouverte ; F, tuyau coudé dont l'embouchure est au-dessus du niveau de l'eau du réservoir R, et qui conduit au porte-vent l'air refoulé de haut en bas par chacune de quatre spires de la vis ; H, bassin en maçonnerie ou en bois contenant l'eau dans laquelle la vis est plongée.

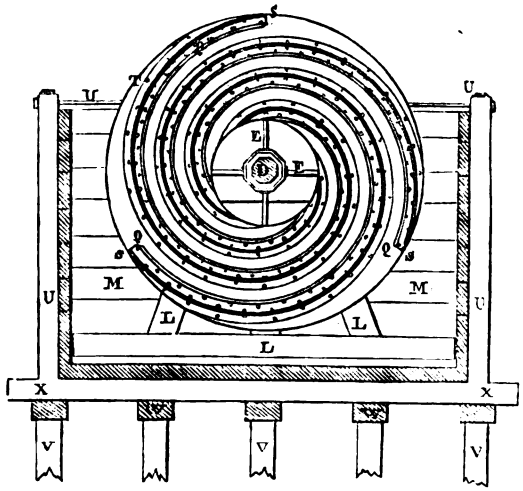
Le *tympan de la Faye* a été employé pour la première fois, comme machine soufflante, en Transylvanie, vers 1840, par M. Débreczeny (voir notre Mémoire, *Annales des Mines*, 4me série, tome VI, p. 113, 1844). Les fig. 1486 et 1487 donnent deux coupes verticales de cette machine, et la fig. 1488 représente, à une plus grande échelle, l'assemblage du tympan avec la caisse à vent. Le tympan est composé de deux compartiments contigus : A, B, C, sont les trois joues du tympan ; deux d'entre elles B et C sont percées en leur centre d'ouvertures circulaires. Les joues B et C sont reliées à l'axe D, par les bras E, E'. La joue A est également fixée par des boulons à une pièce de fonte F, assujettie sur l'axe D, par des cales en bois G, G. I, I, sont les tourillons avec leurs coussinets supportés par les piliers L, L. Le tourillon I de l'axe moteur vient s'assembler à l'axe D du tympan, après avoir traversé une boîte à étoupes K, qui sert à empêcher l'eau de sortir de la bâche M, où elle doit être maintenue exactement à la hauteur de l'axe du tympan. H, est le cylindre par lequel l'air s'échappe du tympan pour pénétrer dans la caisse à vent *l*, dans laquelle on peut entrer à l'aide du trou d'homme P. La caisse à vent *l* communique à sa partie inférieure avec la bâche M, par l'ouverture R, pratiquée dans la cloison verticale N, de sorte que l'eau s'y élève au même niveau. Les supports Q, des cloisons en tôle S,..., sont en bois de chêne, et fixés sur les joues en bois A, B, C, à l'aide de vis également en bois, le long des courbes tracées sur ces joues, d'après le même procédé que l'on suit pour le tracé des volutes en architecture. Les cloisons en tôle S, .., sont fixées par des vis à bois sur les supports Q, .., et mastiquées avec un lut imperméable à l'eau ; en outre, elles sont recouvertes à leurs extrémités par des lisières en bois T,..., chevillées sur les joues A, B, C. U, sont les barres en bois, et U', les tirants en fer qui relient tout l'appareil. V. sont les pilotis qui supportent les deux lits de charpente en bois W, X, sur lesquels repose toute la machine.

Le cylindre H, est figuré plus en grand avec tous ses détails d'assemblage (fig. 1488). Il est assemblé sur la joue C, à l'aide des boulons *a*, et se meut librement dans l'intérieur d'une ouverture circulaire pratiquée dans la paroi N, qui sépare la caisse à vent *l*, de la bâche M. Un anneau en fonte *b*, est assujetti sur la paroi *n*, à l'aide des vis *g*, et un autre anneau *d*, est aussi fixé sur le cylindre H, à l'aide des vis *c*. Cet

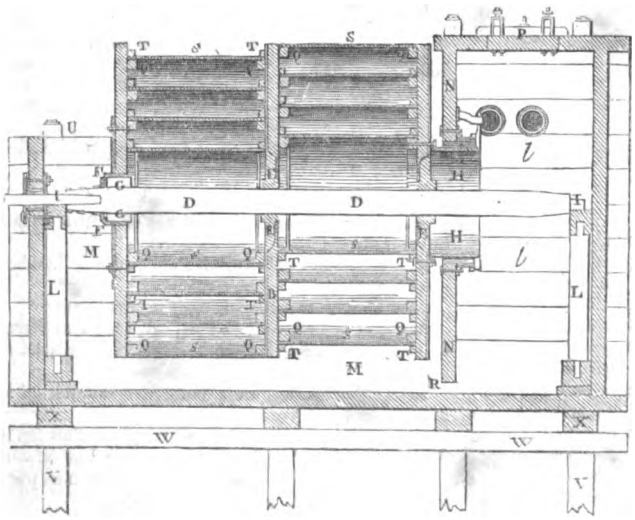
Digitized by Google

anneau *d*, tourne dans un anneau concentrique *c*, fixé à la paroi N, par la potence *m*. Un godet a huile et un trou qui traverse *c*, permettent de faire arriver constamment un peu d'huile entre les surfaces de frottement. Enfin, les deux anneaux *b* et *c*, sont reliés entre eux par un cylindre en cuir *f*, recouvert d'une couche de caoutchouc et serré par deux anneaux à charnières *r*, *r*, qui se ferment à l'aide des vis *t*, et sont fixés sur *b* et *c*, comme on le voit sur la figure. Enfin, pour diminuer le frottement et soulager la potence *m*, l'anneau *c*, se trouve équilibré par un contre-poids.

1486.



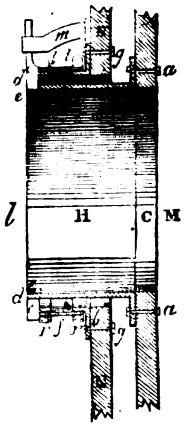
1487.



Au bout de quelque temps, et par suite du poli qu'acquièrent les surfaces frottantes des anneaux *d* et *c*, le frottement devient sensiblement nul.

La machine recevant un mouvement de rotation autour de son axe, les cloisons en spirale S, en arrivant dans l'eau emprisonnent une certaine quantité d'air qui, allant de la circonférence au centre, se rend dans le noyau creux du tympan, et de là dans la caisse à vent. La pression de l'air est d'autant plus grande que le mouvement de rotation est plus rapide ; la limite supérieure de ces deux quantités varie avec les dimensions du tympan. Cette limite est de 5 tours 1/2 pour le tympan que nous venons de décrire ; la pression du vent est alors de 45 millimètres de mercure, et la machine peut alimenter deux feux d'affinerie.

1488.



L'établissement de ces machines est très économique, et leur effet utile de fort peu inférieur à celui des meilleures machines à piston et à cylindre en fonte alésé.

MM. Suchet, Motte, etc., ont aussi employé comme machine soufflante des vis consistant en un noyau plein auquel est fixée une spire d'une cloison héliçoïde. Cet appareil est placé dans un cylindre dont le contour est rasé par les bords de la cloison héliçoïde à laquelle on imprime un mouvement de rotation continu. On donne à la vis un noyau suffisamment gros pour éviter l'existence de deux courants d'air en sens inverse, l'un le long de l'axe, l'autre près des parois du cylindre. Lorsqu'on fait tourner la vis dans un sens, l'air qui la remplit ne peut être délogé, et ne peut circuler en sens inverse du mouvement de rotation imprimé à la vis, qu'en vertu de la pression déterminée par le choc de l'orifice antérieur de la vis sur l'air que cet orifice vient frapper, et du vide déterminé en arrière de son orifice postérieur, par suite du même mouvement. Il n'y a là aucun effet de force centrifuge, car l'air peut sortir de la vis à la même distance de l'axe de rotation où il est entré, il n'y a aucune raison pour que les choses se passent autrement. En un mot, la cause qui fait circuler l'air dans les canaux héliçoïdes, dont on peut concevoir le creux de la vis comme composé, est la même que celle qui ferait circuler de l'eau ou de l'air dans un tuyau rectiligne, ouvert par les deux bouts, auquel on imprimerait un mouvement de trans-

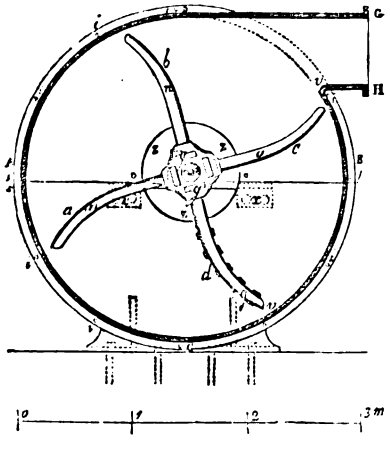
Digitized by Google

lation, au milieu d'une masse d'eau ou d'air stagnante, dans une direction formant, avec l'axe du tuyau, le même angle que chaque canal héliçoïde forme avec le plan perpendiculaire à l'axe de la vis, plan qui est celui du mouvement de rotation.

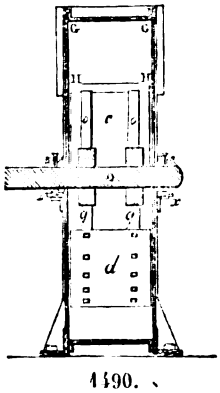
En changeant le sens du mouvement de rotation, la vis, de soufflante qu'elle était auparavant, devient une machine aspirante. Elle a été appliquée en Belgique à l'aérage de quelques mines. Son effet est un peu inférieur à celui des ventilateurs bien construits.

Il nous reste à parler des ventilateurs qui consistent en ailettes droites ou courbes en tôle, montées sur un croisillon dont l'axe est animé d'une grande vitesse de rotation, et renfermées dans un tambour. L'air est aspiré par deux ouvertures pratiquées au centre des faces latérales du tambour, et s'échappe à la circonférence par une ouverture disposée à cet effet, en vertu de la force centrifuge et de celle qui lui est imprimée par les palettes qui viennent le choquer.

Comme exemple de ces machines, nous donnerons, fig. 1489 et 1490, deux coupes verticales d'un ventilateur alimentant les cubilots de la fonderie de M. J. Martin à Rouen; ABCD, est le tambour en fonte dans lequel tournent 4 ailes O*a*, O*b*, O*c*, O*d*, formées par les plaques en tôle *a*, *b*, *c*, *d*, fixées au moyen de vis et d'écrous, sur 8 bras de fer *m*, *n*, *o*, *p*. Chacun de ces bras pénètre dans une des pièces de fonte *e e* ou *f f*, fixées sur l'arbre O, et y est maintenu au moyen d'un écrou, introduit à l'avance et de côté dans ces pièces, par l'une des 4 ouvertures *g*, qu'il remplit exactement. Aux deux faces planes du tambour sont fixés les supports *x*, *x*, des coussinets de l'arbre O. Le tambour est fixé sur le sol, au moyen de boulons *y*, *y*. L'arbre O, n'est pas placé au centre du cercle *u* A C B *v*; il est rapproché vers le point *v*, de manière à ce que les ailes, dans leur mouvement de rotation, ne soient distantes de l'enveloppe extérieure au point *v*, que de 1 à 2 millimètres. L'air entre dans le tambour par les deux ouvertures latérales et circulaires *z z z*, et se trouve chassé par la force centrifuge contre les parois du tambour, d'où il sort par l'ouverture G H. Avec 600 tours par minute, ce ventilateur alimente un cubilot à deux tuyères, produisant 1250^k de fonte de deuxième fusion avec une consommation totale de 290^k de coke.



1489.



1490.

On communique ordinairement le mouvement aux ventilateurs à l'aide d'une courroie sans fin; leur vitesse atteint souvent 4000 et même 4500 tours par minute. Le tambour se construit fréquemment, les deux plaques latérales et la plaque de fond en fonte, et l'enveloppe circulaire en tôle. Souvent aussi on supprime les coussinets de l'arbre des ailes, et on termine cet arbre par des pointes en acier qui servent de pivots. La conduite d'air doit avoir une section de très peu plus faible que celle des ouvertures d'aspiration, sans cela l'air refluerait par ces dernières. Pour faciliter l'écoulement du vent, on arrondit les coudes quand il est impossible de les éviter, et on emploie des buses d'un très grand diamètre, 8 à 12 centimètres.

L'effet utile du ventilateur, tel qu'on le construit habituellement, est un peu moins considérable que celui des machines à piston, et diminue très rapidement à mesure que la pression augmente; mais le peu de place qu'il occupe, et la facilité et le bas prix de son installation, l'ont fait généralement adopter et avec raison dans tous les cas où l'on n'avait pas besoin d'air sous une forte pression, comme dans les fonderies à la Wilkinson, etc.

Dans les mines, les magnaneries, les salles de réunions publiques, etc., on emploie souvent le ventilateur; mais, le plus souvent, comme machine aspirant par son centre l'air vicié des mines ou des habitations pour le rejeter au dehors dans l'atmosphère. Dans ce cas, on est généralement conduit à donner au ventilateur de plus grandes dimensions et une moindre vitesse, afin de diminuer les vibrations et le frottement de l'air contre les parois du tambour, et d'augmenter par suite l'effet utile de cette machine (voir, pour le calcul des ventilateurs, le Mémoire de M. Combes. *Annales des Mines*, 3^e série, tome XVIII, p. 611, 1840).

Lorsqu'il s'agit d'établir une machine soufflante produisant un effet déterminé, la force motrice à employer est donnée en chevaux-vapeur par la formule :

$$F = \frac{1}{m} \times \frac{1}{n} \times 1{,}768 \times (+ 0{,}0037\, t) \times \frac{0{,}75 + h}{h} \times P$$

dans laquelle :

m, est le coefficient qui exprime l'effet utile de la machine motrice;

n, le coefficient qui exprime l'effet utile de la machine soufflante;

t, la température de l'air dans le porte-vent :

h, l'excès de pression de l'air, dans le porte-vent, sur la pression atmosphérique, mesuré en mètres de mercure;

Et P, le poids de l'air à lancer par minute, en kilogrammes.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'un feu d'affinerie comtois à l'air froid (voyez FER), dont la soufflerie consiste en deux soufflets pyramidaux mus par une roue à augets prise en dessus; on aura :

$m = 0{,}75$.
$n = 0{,}25$.
$t = 12°$.
$h = 0{,}035$.
$P = 5^k{,}20$.

Et substituant :

$$F = \frac{1}{0{,}75} \times \frac{1}{0{,}25} \times 1{,}768 \times (1 + 0{,}0337 \times 12) \times \frac{0{,}035}{0{,}75 \times 0{,}035} \times 5{,}20 = 2^{ch}{,}14$$

Le cours d'eau moteur doit donc avoir une force de

Digitized by Google

2ch.,14, c'est-à dire fournir 160 litres 1/2 par seconde, tombant de 1m, ou plus généralement, V étant son débit en litres par seconde, et H sa chute en mètres, on doit avoir VH = 160,50.

Si la machine soufflante était à piston et à cylindre alésé en fonte, on aurait $n = 0{,}50$ et $F = 1^{ch.},07$.

P. DEBETTE.

MAÇONNERIE. On désigne, en général, sous le nom de maçonnerie, toute construction dans laquelle la pierre entre comme élément principal. Ce mot signifie également l'art de mettre en œuvre les matériaux : cette double acception lui est commune avec presque tous les mots servant à désigner les arts mécaniques.

Il est à remarquer que, si les peuples modernes ont laissé bien loin derrière eux les peuples anciens dans l'art des constructions en général, cette supériorité n'existe plus dans les travaux de maçonnerie. Les Grecs et les Romains ont fait preuve d'une habileté et d'un art consommés dans le choix et la mise en œuvre des matériaux qu'ils employaient aux constructions d'apparat, et même à celles qui n'avaient d'autre but que l'utilité. Sans porter nos explorations jusqu'en Italie, où les souvenirs des Romains se retrouvent à chaque pas, il nous suffira de citer en France les arènes et la Maison carrée de Nimes, le pont du Gard, les arènes d'Arles, etc. Ce n'est pas seulement par leur caractère de grandeur et d'élégance que ces monuments doivent servir de modèles aux ingénieurs et aux architectes ; le choix minutieux des matériaux, le soin avec lequel ils sont assemblés, nous offrent aussi le meilleur exemple à suivre.

La France abonde heureusement en matériaux propres aux travaux de maçonnerie : en première ligne, il faut citer les granites de Cherbourg, de la Bretagne, de l'Auvergne et de quelques localités du midi de la France. Ces matériaux, dont la durée est bien connue, présentent l'inconvénient d'être très difficiles à tailler, très lourds, et par suite d'un transport difficile et coûteux ; aussi ne sont-ils guère employés qu'à certaines parties des constructions exposées à des chocs et à une fatigue continuelle, telles que les bordures des trottoirs, les dallages, les bornes, les soubassements de certains édifices, les piédestaux, etc. Certaines espèces de granite sont susceptibles de recevoir un très beau poli ; elles ont été employées comme pierres d'ornement dans l'antiquité, et notamment dans les colonnes des anciens temples et des palais d'Egypte ; c'est aussi dans le granite qu'étaient taillés les obélisques qui conservent encore, après plus de 3000 ans, toute la vivacité de leurs arêtes, comme on peut s'en convaincre en examinant celui de Louqsor.

Après les granites, et dans l'ordre de durabilité, viennent les calcaires des terrains secondaires et ceux des terrains tertiaires. Les premiers sont d'une dureté remarquable, et par suite très difficiles à tailler ; mais, à cause même de cette dureté, ils conservent longtemps la vivacité de leurs arêtes, et sont par cela même très propres aux constructions d'un ordre très élevé.

Les calcaires des terrains secondaires abondent en France, et fournissent aux constructeurs en grande abondance le moellon et la pierre de taille. Moins durs que les calcaires des terrains tertiaires, ils offrent cependant une solidité et une résistance suffisantes pour être employés dans les grandes constructions. La ville de Paris est entièrement bâtie avec des matériaux de cette nature. Parmi les plus durs et les plus résistants, il faut citer la meulière, qui est d'un emploi général et souvent obligé dans les constructions les plus exposées à l'humidité, telles que les égouts, les fosses d'aisance, etc. ; la meulière résiste aussi très bien aux chocs : c'est pour cela qu'elle a été employée exclusivement dans les fortifications de Paris. Dans quelques localités, et notamment dans les Vosges, on emploie aussi le grès comme pierre à bâtir ; mais le grès a presque toujours le défaut d'être ou trop dur ou trop tendre. Dans le premier cas, il est d'une taille difficile et coûteuse ; dans le second, au contraire, il ne peut conserver la vivacité des arêtes. On trouve cependant, dans les Vosges, des couches de grès qui donnent une bonne pierre de taille, c'est celle qui a servi à la construction de la cathédrale de Strasbourg.

Dans le midi de la France, on emploie aux constructions la craie blanche qui, dans ces contrées, jouit d'une assez grande dureté.

Choix et mise en œuvre des matériaux. Il s'en faut de beaucoup que tous les matériaux provenant d'une même carrière soient également propres à bâtir. Les bancs supérieurs donnent, en général, des pierres beaucoup moins dures et moins résistantes qui ne doivent jamais être employées dans les parties apparentes des ouvrages en maçonnerie. En outre, les différents bancs sont souvent séparés par des matières terreuses qui adhèrent plus ou moins aux matériaux de bonne qualité, et que l'on doit en séparer avec soin ; c'est ce qu'on appelle *ébousiner* les moellons ou la pierre de taille. Certaines pierres qui paraissent très dures sont incapables de résister à l'action de la gelée, sous l'influence de laquelle elles se fendent en tous sens. C'est surtout dans le calcaire dur, qui abonde dans la vallée de la Seine, que ce défaut se rencontre le plus souvent. L'habitude de l'emploi de ces matériaux peut seule faire connaître ceux qui sont défectueux ; cependant on peut les distinguer, en général, en ce qu'ils offrent une teinte plus blanche, et qu'ils se fendent facilement sous l'action du marteau. On les désigne sous le nom de pierres gélives. Il arrive que des pierres d'une assez bonne nature deviennent gélives pour avoir été employées immédiatement après leur extraction de la carrière. Il faut toujours laisser écouler quelques semaines entre cette opération et la mise en œuvre des matériaux. Enfin, quelle que soit la nature plus ou moins résistante des pierres que l'on emploie, il faut toujours avoir le soin de les poser sur leur lit de carrière, surtout lorsqu'elles ont un poids considérable à supporter : si l'on n'avait pas soin de suivre cette règle, on compromettrait la sûreté des constructions que l'on élève.

Certains travaux de maçonnerie sont entièrement exécutés en pierres de taille, c'est-à-dire en pierres d'un échantillon assez fort, et dont les parties apparentes ou parements sont taillées régulièrement suivant des surfaces planes ou courbes : ce sont les constructions de luxe, les monuments, les grands ouvrages d'art, tels que les grands ponts et viaducs situés dans le voisinage ou dans l'intérieur des villes ; mais ces constructions sont très coûteuses. Aussi, dans les travaux ordinaires, on emploie de préférence le moellon, c'est-à-dire une pierre de petite dimension, dont le parement est dressé avec beaucoup moins de soin. Cependant, dans les travaux qui exigent une grande solidité, les angles, les cordons, les parapets, sont presque toujours en pierre de taille. C'est ainsi que sont bâtis, en général, les murs de clôture et de soutènement, les ponts et ponceaux pour routes, canaux et chemins de fer, la plupart des maisons d'habitation et des grands établissements d'industrie, les hôpitaux, magasins, etc.

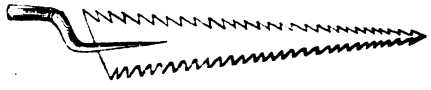
Il ne suffit pas d'avoir à sa disposition de bons matériaux pour faire des constructions solides et durables ; il est indispensable aussi d'y employer des mortiers de bonne qualité et convenablement préparés. Nous ne ferons pas ici la description complète des mortiers, qui seront l'objet d'un autre article ; nous nous bornerons à dire que la chaux et le sable qui les composent doivent être choisis avec beaucoup de soin. La chaux doit être bien éteinte, et présenter, après cette opération,

Digitized by Google

une pâte solide et parfaitement homogène ; on doit l'abriter du contact de l'air jusqu'au moment où elle est mélangée avec le sable. Celui-ci doit être entièrement pur de matières étrangères. Cette condition est toujours mieux remplie par le sable de rivière ; aussi est-il préféré. Cependant on trouve quelquefois du sable de plaine tout aussi pur, et qu'on peut employer sans inconvénient. Pour les constructions en pierre de taille, où les joints ont très peu d'épaisseur, on doit prendre du sable très fin : les proportions employées ordinairement sont de 3 de sable et 1 de chaux. Dans les constructions hydrauliques, c'est-à-dire exposées au contact de l'eau, on emploie, pour la fabrication des mortiers, de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle qui a la faculté de durcir sous l'eau, tandis que la chaux ordinaire n'y acquiert jamais de consistance. La chaux hydraulique est donc toujours employée dans la construction des murs de quai, des piles et culées des ponts, et souvent dans les voûtes des tunnels, lorsqu'ils traversent des couches de terrain où s'infiltrent les eaux en plus ou moins grande quantité.

La solidité des ouvrages en maçonnerie dépend naturellement des fondations sur lesquelles ils sont établis ; cette première partie du travail doit donc être l'objet de toute l'attention de l'ingénieur et de l'architecte. Il est nécessaire de s'assurer avant tout de la nature du sol sur lequel on se propose de bâtir. Lorsque l'ouvrage que l'on veut construire est destiné à supporter un grand poids, à résister à une poussée considérable, il est indispensable que la surface sur laquelle repose la première assise de maçonnerie soit incompressible, ou du moins que la compressibilité soit assez peu considérable et assez uniforme pour que les tassements qui peuvent en résulter, dans la maçonnerie, soient peu sensibles, et n'occasionnent pas de disjonctions dans les diverses parties du travail, de telle sorte que l'on n'ait à redouter ni déchirements ni lézardes. Il arrive fréquemment que, après avoir poussé le creusement des fouilles des fondations jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, on est loin d'avoir atteint un sol qui remplisse ces conditions. Il est nécessaire alors, si l'on ne veut pousser les fouilles plus avant, de substituer à la résistance insuffisante du sol une résistance artificielle : pour cela, on a recours au *battage des pieux*. On nomme *pieux* des pièces de charpente dont la longueur varie suivant les circonstances, et d'un diamètre de $0^m,25$ à $0^m,40$, taillés en pointe à leur extrémité inférieure, qui est revêtue d'un sabot en fer, tandis que leur bout supérieur est armé d'une *frette* ou cercle également en fer ; on enfonce ces pieux dans le sol au moyen d'une machine nommée *sonnette*, et qui se trouve décrite au mot CHOC. La frette, dont le bout supérieur des pieux est revêtu, a pour but d'empêcher qu'ils ne s'écrasent sous les coups répétés qu'ils reçoivent pour s'enfoncer dans le sol. Lorsque les pieux sont arrivés à une profondeur telle qu'ils ne s'enfoncent plus que de quelques millimètres pour dix coups successifs, ils sont considérés comme étant *au repos* ; alors on les recèpe, c'est-à-dire qu'on les coupe suivant un plan horizontal à leur partie supérieure ; puis on établit sur ces pieux un *grillage* en charpente, et c'est sur ce grillage qu'on établit la première assise des fondations, qui consiste ordinairement en pierres d'un fort échantillon nommées *libages*. Cette méthode est souvent employée pour les travaux exécutés en lit de rivière, pour les murs de quai, etc. Le plus souvent, lorsque les fouilles atteignent un bon sol sans qu'on soit arrivé à une très grande profondeur, ou même, lorsque ce cas se présente, on remplit les fouilles jusqu'à une hauteur voisine du sol avec du *béton*. Le béton est un mélange de cailloux et de mortier fait à l'avance avec beaucoup de soin. Nous ne décrirons pas ici la fabrication du béton dont il est question dans un autre article ; nous dirons seulement qu'il doit être employé aussitôt après la préparation. Pour cela, on le verse dans la fouille des fondations par couches d'environ $0^m,15$, que l'on a soin de pilonner avec soin, en laissant un intervalle de plusieurs heures entre chaque série de trois ou quatre couches successives. Il est bien entendu que, lorsqu'il s'agit de constructions exposées, même accidentellement, au contact de l'eau, le mortier qu'on emploie à la fabrication du béton doit être hydraulique. On peut, dans les localités où le caillou est rare, le mélanger avec une certaine quantité de fragments de pierre. On emploie aussi fréquemment le béton pour fonder les piles et les culées des ponts construits sur les cours d'eau. (Voyez PONT.)

Dans tout ouvrage de maçonnerie la face extérieure prend le nom de parement ; les murs de clôture ont donc deux parements. Les parements s'exécutent avec plus ou moins de soin, suivant la nature des travaux. Lorsqu'il s'agit de constructions importantes où l'on emploie la pierre d'appareil, cette pierre est taillée avec soin sur la face extérieure et jusqu'à une certaine profondeur sur ses deux faces latérales que l'on nomme *faces de joint* et sur ses deux faces horizontales qui portent le nom de *lits*. Les pierres sont toujours disposées par rangées horizontales ou *assises* dont la hauteur varie de $0^m,30$ à $0^m,80$ à peu près. Les joints sont garnis avec beaucoup de soin de mortier fait, comme nous l'avons dit, avec du sable très fin pour qu'il se répande uniformément sur les deux surfaces qu'il est destiné à lier entre elles. On emploie pour le couler et l'étendre uniformément un outil nommé *fiche* (fig. 1491). Dans la maçonnerie de pierre de taille les joints verticaux ne doivent pas avoir plus de 5 millim. d'épaisseur et les joints horizontaux pas plus de 3 millimètres. Il faut avoir soin de disposer les pierres de parement, de telle sorte



1491.

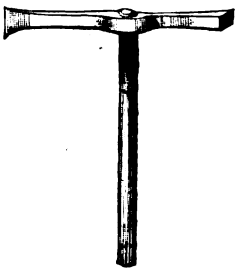
qu'elles se lient parfaitement avec le reste de la maçonnerie, de manière que le tout forme une masse compacte ; il suffit pour cela de varier la longueur de chaque pierre dans le sens perpendiculaire au parement.

La maçonnerie qui existe derrière le parement s'exécute avec des matériaux de dimensions variables et qu'il est inutile de tailler ; il suffit d'en détacher les portions terreuses. On peut même pour cette partie des travaux utiliser les matériaux qui seraient susceptibles de se fendre sous l'action de la gelée s'ils étaient employés en parement.

Le plus souvent les parements des ouvrages de maçonnerie se font en moellons que l'on dispose aussi par assises réglées qui portent le nom de *rangs* et dont on taille aussi la face, les joints et les lits. Mais ce travail ne s'exécute pas, à beaucoup près, avec autant de soin que pour la pierre d'appareil ; dans ce cas, en effet, la taille est faite par des ouvriers spéciaux et quelquefois, par l'habileté de l'exécution et la variété des formes, elle rentre presque dans le domaine de la sculpture ; pour le moellon, au contraire, il suffit de lui donner une surface sensiblement plane ; les maçons n'emploient pour cela qu'un seul outil nommé *hachette* (fig. 1492). Le moellon ainsi préparé se nomme moellon piqué ou moellon essemillé. Le premier diffère du second en ce que sa face apparente et ses joints sont taillés avec autant de soin qu'en comporte la hachette, tandis que le moellon essemillé est dressé grossièrement de manière à obtenir des moellons de même hauteur pour un même rang. Les joints entre les moellons ont 1 ou 2 centimè-

Digitized by Google

tres d'épaisseur. Il est important pour la stabilité des ouvrages que les moellons ne se touchent jamais, mais



1492.

qu'ils soient toujours séparés par une couche de mortier plus ou moins épaisse. Le mortier est manié avec un outil nommé truelle de maçon (fig. 1493).

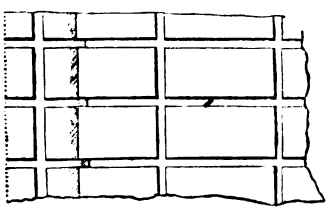
Dans la maçonnerie en moellons il faut avoir soin aussi de bien lier le parement avec la masse de la maçonnerie; on obtient une bonne liaison en variant les dimensions des moellons séparément dans le sens de l'épaisseur de l'ouvrage, c'est-à-dire en leur donnant plus ou moins de *queue*. Il faut aussi, de distance en distance, employer des matériaux qui traversent à peu près toute l'épaisseur de la construction; on conçoit facilement que ces matériaux, que l'on nomme *parpaings*, contribuent puissamment à la stabilité des constructions. On doit dans toute espèce de maçonnerie éviter que des joints verticaux se prolongent dans diverses assises successives. Si l'on ne prenait cette précaution les dégradations qui sont dues soit à l'infiltration des eaux, soit à la gelée, se propageraient rapidement sur toute la face d'un ouvrage.



1493.

Dans les parements de la maçonnerie de pierre de taille, les joints présentent diverses dispositions; les plus usitées sont celles que nous représentons ici (fig. 1494, 1495 et 1496).

Dans la maçonnerie de moellons piqués ou essemillés les joints se font pendant l'exécution ou après coup, on leur donne autant que possible une largeur uniforme, et souvent dans les travaux moins soignés, les murs de clôture, par exemple, le mortier s'étend sur les moellons

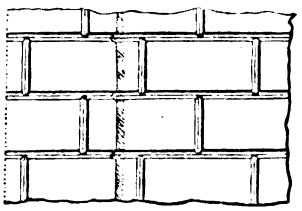


1494. *Bossage à joints droits.*

contigus, de manière à recouvrir une partie de leur surface; c'est ce qu'on appelle joint perdu.

On donne le nom de *limousinerie* à la maçonnerie construite en moellons non parementés; c'est ainsi que se font en général les fondations des bâtiments.

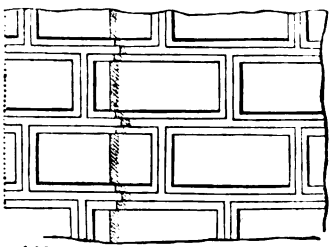
Lorsqu'une construction en pierre de taille est achevée, on procède au *ravalement*. Cette opération consiste à retoucher les angles et les parties apparentes des pierres en ce que la taille présente d'imparfait. Dans les maisons d'habitation et dans les édifices publics, les moulures des bandeaux, des fenêtres et en général tous les ornements sont taillés sur place après coup dans la



1495. *Bossage à onglets.*

pierre qui présente les saillies nécessaires pour le complément du travail.

Dans les constructions exposées à l'humidité, au contact de l'eau, on fait ordinairement les joints en ciment



1496. *Bossage à double épaisseur.*

romain. Ce travail demande des ouvriers habiles et expérimentés; les joints sont faits après l'achèvement de la maçonnerie, et il est nécessaire que le mortier ordinaire, qui a été employé pendant la construction, soit enlevé avec soin sur une profondeur de 1 centimètre au moins, pour que le ciment puisse adhérer solidement à la surface des matériaux.

Dans les maisons d'habitation dont les murs doivent être recouverts en plâtre, on emploie aussi fort souvent, pour la construction, du plâtre au lieu de mortier; le plâtre a l'avantage de sécher plus vite que le mortier et peut être employé sans inconvénient dans les constructions qui ne supportent pas des poids ou des poussées considérables.

On construit assez souvent des murs de clôture et de soutènement en pierres sèches, c'est-à-dire sans employer aucune substance pour les lier entre elles. Lorsqu'on dispose des matériaux de fortes dimensions, ces murs présentent une solidité suffisante; mais lorsqu'on y emploie des pierres de faible échantillon, comme cela se pratique souvent pour les murs de clôture, ces murs sont sujets à de fréquentes dégradations, ce qui est facile à concevoir, du reste, puisque les diverses parties de la construction n'ayant aucune liaison entre elles il suffit d'un effort peu considérable pour les déplacer.

On emploie aussi souvent dans la construction des murs de clôture de la terre en guise de mortier. De semblables modes de constructions sont toujours très imparfaits et doivent être toujours exclus des travaux de quelque importance.

Les murs de soutènement présentent, en général, une inclinaison ou *fruit* qui est très variable. Autrefois, dans les revêtements des fortifications, le fruit était de $\frac{1}{3}$ ou de $\frac{1}{6}$ de la hauteur. L'expérience a démontré que cette grande inclinaison avait le grave inconvénient de faciliter la végétation des plantes parasites entre les joints, ce qui était une cause très fâcheuse de dégradation dans ces ouvrages. Le fruit le plus usité dans les fortifications actuelles est de $\frac{1}{20}$; dans les constructions civiles pour canaux, routes, chemins de fer, etc., le

Digitized by Google

fruit est ordinairement de $\frac{1}{12}$, pour les murs en aile des ponts, murs de soutènement, etc.

L'épaisseur des murs de soutènement est variable suivant la nature des matériaux, cependant elle est le plus souvent à la base égale au tiers de la hauteur du mur.

Perrés. Lorsque les talus d'un remblai sont exposés à de fréquentes dégradations, soit par l'action des eaux, soit par toute autre cause, on revêt en maçonnerie leur partie inférieure (fig. 1497); ce revêtement porte le nom de *perré*. Il se fait en mortier et en ciment ou en pierres sèches, suivant le plus ou moins de solidité qu'on veut obtenir et la nature des matériaux dont on dispose. Les perrés sont aussi employés pour maintenir les talus de certaines tranchées pratiquées dans des terrains glaiseux et sujets à des glissements. Les chemins de fer des environs de Paris, et entre autres celui d'Orléans, présentent beaucoup d'exemples de ces constructions, mais



1497.

elles sont principalement employées pour maintenir les berges des chemins de halage.

Maçonnerie de briques. Dans les pays où la pierre à bâtir est rare et, par conséquent, coûteuse, on lui substitue les briques, surtout pour les constructions civiles, les maisons d'habitation, murs de clôture; beaucoup de villes d'Angleterre sont presque entièrement construites en briques; il en est de même de la plupart des villes de l'Amérique du Nord. Les briques, par leur forme régulière, se prêtent bien aux constructions ordinaires, mais leur aspect est triste et monotone. Cependant les édifices de la renaissance et même du règne de Louis XIII, où l'on employait la brique combinée avec de la pierre de taille, ne sont pas sans mérite: l'ancienne partie du château de Versailles et la place Royale à Paris sont bâties de ce style. Les briques sont aussi employées fréquemment dans les grands travaux publics; en France et en Angleterre beaucoup de tunnels de chemins de fer sont entièrement revêtus en briques; ce sont aussi les matériaux dont on s'est servi presque exclusivement pour construire les immenses viaducs que l'on remarque sur le chemin de fer de Rouen au Havre.

La mise en œuvre des briques est fort simple; on les dispose par rangées en assises horizontales séparées par couches de mortier d'environ 1 centimètre. On a soin de les placer sur le parement tantôt dans le sens de la longueur, tantôt dans celui de la largeur, pour obtenir une liaison avec le massif de la construction. Ce n'est guère que dans les murs de clôture et dans ceux des maisons d'habitation, qui présentent une faible épaisseur, qu'on emploie la brique seule; ainsi dans les murs de soutènement où la brique est employée pour le parement tout le massif de la construction est en moellons; leurs fondations sont également en moellons ou en libages. Il en est de même dans les pieds-droits des voûtes et ponts construits en brique. Quant aux voûtes elles-mêmes, la brique y est ordinairement employée seule sur toute l'épaisseur lorsque cette épaisseur ne dépasse pas 0m,60 environ.

Prix de la maçonnerie. Ces prix sont très variables suivant les localités, la nature des matériaux employés, le prix de main-d'œuvre, et voici les limites entre lesquelles ils sont ordinairement compris :

Maçonnerie en moellons pour fondations, de 10 à 16 francs le mètre cube.

Murs en élévation, construits en moellons ordinaires et mortier de chaux et sable, de 14 à 18 francs.

Les mêmes en meulière, de 18 à 22 francs.

Ceux pour fosses, hourdés en mortier hydraulique, de 20 a 24 francs.

Les murs circulaires et les voûtes d'arêtes et sphériques se payent 1 franc de plus par mètre cube.

La taille des parements des moellons durs et tendres se paye en outre, suivant la nature des moellons, y compris le jointoiement, de 2 fr. 50 c. à 5 fr. le mètre superficiel; celle des parements de meulière se paye jusqu'a 8 francs.

La maçonnerie de pierre de taille se paye de 100 fr. à 130 francs le metre cube. Le ravalement se paye quelquefois à part, le plus souvent il est compris dans les prix que nous indiquons.

Le beton en cailloux se paye, y compris le battage, de 15 à 18 francs par mètre cube. Le béton de meulière concassée vaut jusqu'à 27 francs, tandis que celui qu'on fabrique avec des fragments de moellons ne vaut que 12 à 15 francs. L'enduit en chaux hydraulique sur beton vaut 1 fr. 25 c. par mètre superficiel.

La maçonnerie en briques se paye beaucoup plus cher que la maçonnerie en moellons; ainsi le mètre cube de briques de Bourgogne pour murs et ouvrages de forte épaisseur, voûtes et massifs, vaut de 70 à 75 francs; la brique ordinaire vaut de 35 à 50 francs.

E. CHEVALIER.

MADRÉPORES. Polypes à têts calcaires, dont l'une des espèces constitue le CORAIL (voyez ce mot).

MAGISTRAL. Voyez ARGENT, *amalgamation américaine.*

MAGMA. Se dit en chimie de tout mélange à l'état de bouillie.

MAGNANERIE. Établissement où l'on élève les vers à soie (voyez SOIE).

MAGNÉSIE (*angl.* magnesia, *all.* talkerde, bittererde). La magnésie est une terre alcaline comme la chaux; c'est une poudre blanche ex rêmement légère, douce au toucher, élastique et insipide; elle verdit le sirop de violette; elle est infusible et fixe, et irréductible par le charbon; elle est décomposée au rouge par le chlore gazeux; et elle est très peu soluble dans l'eau qui n'en dissout à froid que 1/6000, et six fois moins à 100°. Elle est composée de :

$$\left.\begin{array}{ll} \text{Magnésium} & 0{,}613 \\ \text{Oxygène} & 0{,}387 \end{array}\right\} \text{MgO}.$$

Elle se dissout facilement dans les acides. On l'obtient aisément à l'état d'hydrate en décomposant un sel magnésien soluble, le sulfate, par exemple, par un alcalis caustique; l'hydrate renferme un équivalent d'eau, qu'il perd aisément au rouge.

La magnésie, surtout à l'état d'hydrate, est employée en médecine pour dissiper les aigreurs d'estomac, et dans les cas d'empoisonnement par les acides, comme agent de neutralisation.

MAGNÉTISME. Voyez AIMANT et BOUSSOLE.

MALACHITE. Cuivre carbonaté vert (voyez CUIVRE).

MALATES. Sels formés par l'acide malique. Ne sont d'aucun emploi dans les arts.

Acide MALIQUE (*angl.* malic acide, *all.* aepfelsaure). Cet acide se trouve en grande quantité dans les pommes, et surtout dans les fruits du sorbier des oiseaux. Pour l'obtenir, on prend ces fruits, on les écrase, on les épuise par l'eau, on fait fermenter le jus obtenu et on le fait bouillir longtemps; on le filtre, et on sature avec de la chaux; il se précipite du citrate de chaux, et il

Digitized by Google

reste dans la dissolution du bi-malate de chaux que l'on purifie par plusieurs cristallisations, puis on y ajoute de l'acétate de plomb qui donne un précipité de malate de plomb sous la forme pulvérulente, qui se transforme bientôt en paillettes cristallines très brillantes dont la composition est représentée par la formule $C^8 H^8 O^8 + 2H^2 O$: c'est un acide bibasique. Par l'action de la chaleur, il donne deux acides pyrogénés, les acides maléique et para-maléique, isomères, mais ayant des propriétés différentes.

MALTHE. Voyez BITUME.

MALLÉABILITÉ (*angl.* malleabity, *all.* hammerbarkeit). La malléabilité est la propriété qu'ils ont de changer de forme et de s'étendre en feuilles sous le marteau ou par la pression du laminoir; le plus malléable des métaux est l'or, viennent ensuite l'argent, le platine, le fer, le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb. Ainsi que la DUCTILITÉ, la malléabilité augmente considérablement par la chaleur, mais seulement jusqu'à un certain terme. Il y a des métaux qui ne sont malléables qu'entre deux degrés de température très rapprochés : tel est le zinc, par exemple.

MANGANÈSE (*angl.* manganese, *all.* mangan). Le manganèse n'a été obtenu pour la première fois à l'état métallique qu'en 1774, par Schèele et Gahn; mais on connaissait depuis longtemps un grand nombre de ses combinaisons. Le manganèse métallique ressemble à de la fonte blanche; il est cassant, à cassure cristalline fasciculée; sa densité est de 7,05 ; il n'a ni odeur ni saveur; il est un peu moins fusible que la fonte et fixe. Il forme six combinaisons définies avec l'oxygène. Au contact de l'air, il se ternit promptement et finit peu à peu par s'oxyder complétement. Il décompose lentement l'eau à la température ordinaire, et très rapidement au rouge. Tous les acides, même les plus faibles, attaquent le manganèse en déterminant la décomposition de l'eau ; lorsque l'acide est concentré et susceptible de céder de l'oxygene, il est décomposé lui-même et souvent simultanément avec l'eau. Il se combine directement avec le chlore, le soufre, le phosphore et l'arsenic. Il peut s'allier avec la plupart des autres métaux à l'aide de la chaleur. A l'état métallique, on a celui d'alliage; le manganèse n'a aucun emploi dans les arts.

Tous les oxydes de manganèse sont ramenés à l'état d'oxyde rouge par la chaleur blanche, et à l'état de protoxyde par l'hydrogène, le charbon et le soufre, à une température peu élevée. Ils sont complétement réduits par le charbon à la température des essais de fer, mais cette réduction n'a lieu que très lentement par cémentation. Au chalumeau, les oxydes de manganèse donnent avec le borax des verres très fusibles, incolores au feu de réduction et d'une couleur améthiste très belle au feu d'oxydation. Avec la soude, le platine, et en n'employant qu'une très petite quantité d'oxyde, on obtient une perle transparente d'un très beau vert, qui, humectée avec une goutte d'eau, donne une liqueur verte.

Les oxydes de manganèse sont au nombre de six, savoir :

1° *Protoxyde.* On obtient le protoxyde de manganèse en calcinant le carbonate en vase clos et en chauffant ce carbonate ou un oxyde quelconque, ou rouge sombre dans un courant d'hydrogène, ou au blanc dans un creuset brasqué. Il est d'un vert plus ou moins beau, infusible. Il ne s'altère pas à l'air à la température ordinaire, mais lorsqu'on le chauffe il se suroxyde et noircit. C'est une base forte. Il se compose de :

Manganèse, 0,7806 } $Mn\,O$.
Oxygène, 0,2194 }

Son hydrate est blanc, mais il brunit promptement au contact de l'air, et se change peu à peu en un mélange de carbonate de protoxyde et d'hydrate de peroxyde. A l'état naissant, il se dissout dans un grand excès d'ammoniaque, mais la dissolution exposée à l'air se trouble et laisse déposer tout le manganèse à l'état d'hydrate de deutoxyde.

2° *Deutoxyde.* Le deutoxyde de manganèse est noir. Il ne se suroxyde pas à l'air, même à l'aide de la chaleur. Au blanc, il perd de l'oxygène et se change en oxyde rouge. L'acide nitrique concentré et bouillant le change en protoxyde qui se dissout et en peroxyde insoluble. L'acide sulfurique concentré et chaud le dissout en le ramenant à l'état de protoxyde. L'acide sulfureux le change en un mélange de sulfate et d'hyposulfate de protoxyde. L'acide hydrochlorique le dissout à froid sans le décomposer ; mais pour peu que la liqueur soit concentrée ou que l'on chauffe, il se dégage du chlore; la dissolution, qui était brune, se décolore, et elle ne contient plus que du protochlorure. Il se compose de :

Manganèse, 0,7034 } $Mn^2 O^3$.
Oxygène, 0,2966 }

On l'obtient en calcinant au rouge naissant son hydrate ou le nitrate de protoxyde.

Son hydrate est brun ; on l'obtient en faisant passer un courant de chlore non en excès dans de l'eau tenant du carbonate en suspension, et faisant digérer le dépôt avec de l'acide nitrique faible pour dissoudre le carbonate non décomposé.

3° *Peroxyde.* Le peroxyde de manganèse est noir. Il commence déjà à perdre de l'oxygène au rouge sombre, et se change en oxyde rouge au blanc. L'acide nitrique l'attaque à peine. L'acide sulfurique l'attaque à l'état d'hydrate seulement et à froid en donnant une liqueur améthiste. L'acide sulfureux le dissout à froid, et il se forme du sulfate et beaucoup d'hyposulfate de manganèse. L'acide hydrochlorique le dissout avec grand dégagement de chlore. Il se compose de :

Manganèse, 0,6401 } $Mn\,O^2$.
Oxygène, 0,3599 }

On l'obtient en traitant un oxyde quelconque de manganèse par l'acide nitrique concentré et bouillant.

L'hydrate de peroxyde de manganèse est d'un brun très foncé, peu stable, et s'obtient soit en traitant un sel de manganèse par un chlorite alcalin en excès, soit en saturant par un alcalis un manganate ou un hypermanganate.

4° *Oxyde rouge.* L'oxyde rouge provient de la calcination de l'un des deux précédents au blanc. Il est inaltérable à l'air. Il se compose de :

Manganèse, 0,7275 } $Mn^3 O^4$.
Oxygène, 0,2725 }

5° *Acide manganique.* Cet acide n'a pu jusqu'ici être isolé sans se décomposer en même temps. Les sels sont isomorphes avec les sulfates. Quand on chauffe un oxyde de manganèse avec de la potasse, il se forme du manganate de potasse. L'acide manganique est composé de :

Manganèse, 0,5426 } $Mn\,O^3$.
Oxygène, 0,4574 }

6° *Acide hypermanganique.* Cet acide est un corps gazeux d'un très beau rouge qui se décompose spontanément en oxygène et en peroxyde de manganèse. Il est très soluble dans l'eau qu'il colore en rouge. Sa solution se décompose spontanément, avec lenteur à la température ordinaire, et rapidement à la chaleur de 30 à 40°; il y a dégagement d'oxygène, et il se précipite de l'hydrate de peroxyde. Cet acide est un oxydant très énergique, et est isomorphe avec l'acide hyperchlorique. Il est composé de :

Manganèse, 0,5084 } $Mn^2 O^7$.
Oxygène, 0,4916 }

On l'obtient à l'état gazeux, en traitant le caméléon rouge par de l'acide sulfurique anhydre, et à l'état de solution aqueuse, en décomposant l'hypermanganate de baryte par de l'acide sulfurique sans excès.

Digitized by Google

Sels de protoxyde. Les sels de protoxyde de manganèse sont incolores ou légèrement rosés. Les alcalis fixes et les terres alcalines y forment un précipité d'hydrate blanc gélatineux insoluble dans un excès de réactif. Les carbonates alcalins en précipitent complétement le manganèse à l'état de carbonate grenu, blanc ou blond, insoluble dans un excès de réactif. L'ammoniaque et le carbonate y forment des précipités semblables, mais solubles dans un grand excès de réactif. L'hydrogène sulfuré ne les trouble pas. Les sulfures alcalins en précipitent tout le manganèse à l'état de sulfure hydraté blanc, tirant un peu sur le jaune isabelle, et noircissant promptement à l'air en s'oxydant.

Manganates et *hypermanganates* ou *caméléons.* Lorsqu'on chauffe au contact de l'air un oxyde de manganèse et un alcali fixe ou un carbonate, il se forme une combinaison qui, selon les circonstances, prend toutes les nuances du vert au rouge-pourpre : on l'a nommée *caméléon minéral*, à cause de la facilité avec laquelle elle change de couleur.

Lorsque l'alcali est en excès, la dissolution du caméléon est verte; quand, au contraire, l'alcali est saturé de manganèse, la dissolution est pourpre. Les dissolutions vertes passent au pourpre dans toutes les circonstances où l'action de l'alcali se trouve affaiblie; par exemple, par l'addition d'un acide, ou même seulement, d'une grande quantité d'eau froide. Réciproquement, les dissolutions rouges repassent au vert, par l'action de bases fortes, telles que la potasse et la soude, surtout à l'aide de l'ébullition. Les dissolutions vertes constituent des manganates, et les dissolutions rouges des hypermanganates; elles sont très oxydantes.

En chauffant au rouge un mélange à parties égales de potasse et de peroxyde de manganèse, et traitant par l'eau, on obtient une dissolution verte. En décantant et évaporant dans le vide, on obtient aisément des cristaux verts de manganate de potasse, que l'on peut dessécher en les plaçant sur une brique poreuse ou sur de la porcelaine dégourdie.

L'eau décompose ces cristaux, et l'on obtient une dissolution rouge d'hypermanganate de potasse qui, évaporée au bain-marie jusqu'à pellicule, dépose par le refroidissement des cristaux, d'un rouge très foncé, d'hypermanganate de potasse, solubles sans décomposition dans 15 à 16 p. 100 d'eau.

L'on obtient du manganate de baryte insoluble, en fondant du peroxyde de manganèse avec du nitrate de baryte desséché. Traité par l'eau il donne de l'hypermanganate soluble, qui sert à préparer l'acide hypermanganique.

Parmi les sels de manganèse, nous ne mentionnerons que le chlorure, qui se produit en grande quantité dans les fabriques de chlorures décolorants, et que M. Mallet a employé avec succès depuis plusieurs années à l'épuration du gaz d'éclairage.

MINERAIS. Les seuls minerais de manganèse proprement dits, sont des oxydes anhydres et hydratés. Nous allons les passer rapidement en revue.

Hausmanite. Oxyde rouge de manganèse anhydre natif. Cet oxyde est noir-brunâtre, opaque, d'un éclat métallique imparfait; sa poussière est d'un rouge-brun; sa cassure est inégale; sa densité est de 4,722; il raie la chaux phosphatée et est rayé par le feldspath. Sa forme primitive est un prisme à base carrée; mais il cristallise ordinairement en octaèdres aigus à base carrée. Il est très rare.

Braunite. Deutoxyde de manganèse anhydre natif. Cet oxyde est constamment cristallisé, d'un noir brunâtre foncé, ayant une poussière de la même teinte; quoique fragile, il est plus dur que le feldspath; sa densité varie de 4,75 à 4,82. Sa forme habituelle est un octaèdre à base carrée très rapproché de l'octaèdre régulier. Il ne donne que 3 p. 100 d'oxygène par la chaleur.

Pyrolusite. Peroxyde de manganèse anhydre. C'est le minerai de manganèse le plus abondant et en même temps le plus utile, puisqu'il est celui qui renferme le plus d'oxygène en excès. Il se trouve cristallisé, à l'état fibreux, et même en masses amorphes. Sa couleur est le gris-noirâtre ou le noir souvent bleuâtre. Sa poussière est de la même couleur. Sa dureté est à peu près égale à celle de la chaux sulfatée; sa densité est de 4,83 à 4,94. La pyrolusite cristallise en prisme rhomboïdale droit, sous l'angle de 93°-40'; le plus ordinairement elle se trouve en masses aciculaires souvent radiées.

Acerdèse. Deutoxyde de manganèse hydraté. Il ressemble beaucoup à la pyrolusite dont il se distingue en ce que sa dureté est égale à celle de la chaux carbonatée, sa densité de 4,28, et surtout en ce que sa poussière est brune, et à ce que, chauffé dans un tube fermé, il perd environ 10 p. 100 d'eau.

Peroxyde de manganèse hydraté. Cet oxyde ne se trouve qu'en masse amorphe terreuse, d'un brun foncé, très tendre; il tache facilement les doigts; sa poussière est d'un brun-chocolat; par la calcination il éprouve une perte considérable en eau et en oxygène. Sa densité varie de 3,0 à 3,2 et il renferme de 12 à 15 p. 100 d'eau. Il est assez commun.

Peroxyde de manganèse hydraté aluminifère. Ressemble au précédent, mais contient de l'alumine en combinaison; assez rare.

Psilomélane. Minerai complexe renfermant un mélange de deutoxyde et de peroxyde de manganèse, de l'eau, et une quantité variable et assez notable de baryte, quelquefois en partie remplacée par de la potasse. Ce minerai n'est point cristallisé; il forme des rognons, des masses concrétionnées botrioïdes, et même des stalactites; le plus souvent il est amorphe. La cassure, égale ou conchoïde, est toujours mate; on n'y aperçoit ni la texture fibreuse, ni la texture testacée. Sa couleur est d'un noir bleuâtre prononcé. Son éclat est à la fois mat et métalloïde.

Usages. Le manganèse sert à l'état de peroxyde pour décolorer les verres (voyez VERRE), et pour la fabrication du CHLORE et des CHLORURES DÉCOLORANTS. Nous nous bornerons donc ici à indiquer le moyen d'essayer les divers manganèses du commerce sous le point de vue industriel et économique, c'est-à-dire sous celui de la proportion de chlore qu'ils peuvent produire.

Essai des manganèses du commerce. Nous nous bornerons au seul procédé suivant, les autres ne pouvant être exécutés que par des chimistes. On prend 3 grammes, 98 de minerai en poudre, qui, s'il était du peroxyde pur, donnerait 1 litre de chlore; on l'introduit dans un matras de 6 à 7 centimètres de diamètre; on verse dessus 25 à 30 grammes d'acide hydrochlorique pur; on adapte immédiatement après au matras un tube en verre recourbé de 2 à 3 millimètres de diamètre et dont la longue branche doit avoir environ $0^m,60$; on fait plonger cette branche dans une éprouvette de $0^m,02$ de diamètre et de $0^m,50$ de hauteur, contenant un peu moins de 1 litre de lait de chaux. On chauffe peu à peu le matras, et vers la fin on porte jusqu'à l'ébullition : tout le chlore qui se dégage est absorbé par le lait de chaux. On y ajoute assez d'eau pour que son volume soit de 1 litre, et l'on en fait l'essai au chloromètre (voyez CHLOROMÉTRIE).

Statistique. Les mines de manganèse de France, produisent par an environ $20,000^k$ de peroxyde de manganèse valant 150,000 fr. Actuellement, il y a une importation assez considérable de manganèse d'Allemagne.

P. DEBETTE.

MANÉGE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et MINES.

MANIOC. Voyez AMIDON.

Digitized by Google

MANIVELLE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

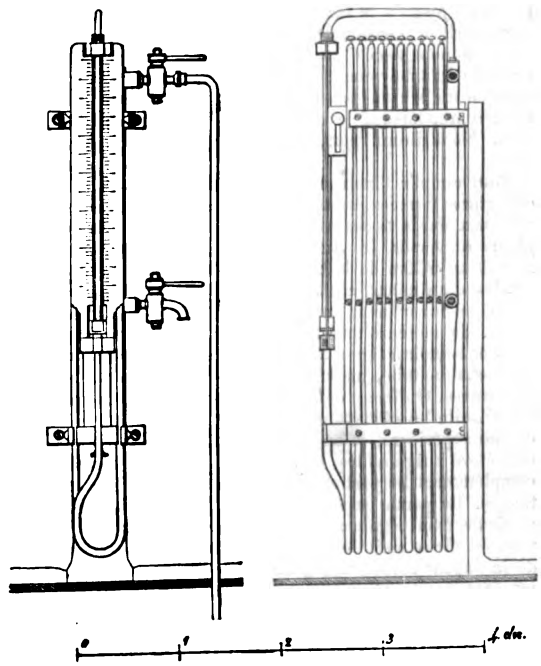
MANNE. Suc qui exsude spontanément ou par incision d'une espèce de frêne qui croît principalement en Sicile et dans la Calabre. Les premières mannes, dites *manne en larmes*, se présentent en longues et belles stalactites blanches et cristallines. A mesure que la saison avance, les larmes s'agglutissent au moyen d'un suc poisseux incristallisable, dont le mélange porte le nom de *manne en sorte*. Enfin, à la fin de la récolte, le suc devient très spiritueux et se rassemble dans de petites fosses creusées au pied de l'arbre : ce dernier produit, de qualité inférieure, est ce qu'on nomme *manne grasse*.

La manne renferme un principe sucré qui a reçu le nom de *mannite*, et une substance qui fermente facilement, ce qui permet d'isoler la mannite aisément, en délayant la manne dans l'eau, faisant fermenter, évaporant à siccité, et reprenant le résidu par de l'alcool bouillant qui dissout complétement la mannite et la laisse déposer par le refroidissement en longues aiguilles blanches.

La manne est employée en médecine comme purgatif.

MANOMÈTRE. Nous avons déjà parlé du manomètre à air comprimé, du thermomanomètre et du manomètre à air libre ordinaire à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR; nous avons vu que dans certains cas, comme par exemple celui des locomotives et des bateaux à vapeur à haute pression, on ne pouvait se servir du manomètre à air libre ordinaire, dont l'emploi est prescrit par les ordonnances des 22 et 23 mai 1843, dans tous les autres cas. Depuis cette époque, M. Richard, fabricant d'instruments de physique à Lyon, a construit un manomètre à air libre d'un nouveau système, qui peut aisément s'adapter aux chaudières des machines locomotives et des bateaux, quelque élevée que soit la pression effective de la vapeur dans leur intérieur. Ce manomètre a reçu l'approbation de la commission centrale des machines à vapeur et est employé déjà avec succès sur nombre de locomotives et de bateaux à vapeur, ce qui nous engage à en donner ici une description succincte.

Il s'agissait de construire un manomètre à air libre, qui pût s'adapter aux chaudières des machines locomotives et des bateaux, quelque élevée que fût la pression effective de la vapeur dans leur intérieur. Il fallait, pour cela, réduire de beaucoup la hauteur de l'instrument. M. Richard a donc construit, sur un principe bien connu des physiciens, et que plusieurs personnes avaient déjà essayé d'appliquer aux manomètres de chaudières à vapeur, un manomètre raccourci (fig. 1498 et 1499), composé d'un tube replié plusieurs fois sur lui-même, de manière à présenter une série de branches verticales, reliées l'une à l'autre par des coudes arrondis; l'instrument développé dans un même plan vertical présente une suite continue de syphons alternativement droits et renversés, à branches verticales. Du mercure remplit tous les coudes inférieurs et s'élève jusqu'au milieu de la hauteur des branches verticales. Les colonnes de mercure sont séparées par des colonnes d'eau qui occupent les coudes supérieurs, et l'autre moitié de la hauteur des branches verticales. L'appareil étant ainsi complétement rempli de colonnes alternantes de mercure et d'eau, si l'on met l'une des extrémités du tube en communication avec une chaudière à vapeur, l'autre extrémité demeurant ouverte à l'air libre, l'excès de la pression dans la chaudière sur celle de l'atmosphère déterminera la dénivellation simultanée du mercure dans toutes les branches; ces dénivellations seront d'égale hauteur, si le tube est exactement calibré dans toute sa longueur, et, dans ce cas, la pression effective de la vapeur dans la chaudière sera donnée par la hauteur à laquelle le mercure se sera élevé au-dessus du point de départ dans la branche ouverte du tube, multipliée par le nombre des branches verticales, sauf la correction due à l'influence du poids de l'eau intermédiaire entre les colonnes de mercure. Cette correction se fera en multipliant le produit précédent par la fraction 63/68, qui exprime le rapport de l'excès de la densité du mercure sur celle de l'eau, à la densité du mercure. S'il y a, par exemple, 22 branches verticales, h désignant l'élévation du mercure en millimètres, dans la branche ouverte à l'air libre, la pression effective de la vapeur sera mesurée par une colonne de mercure égale à $22h \times \frac{63}{68}$; $\frac{22h \times \frac{63}{68}}{760}$, sera la pression effective en atmosphères; et chaque atmosphère



1498. 1499.

de pression sera mesurée par $\frac{760 \times 68}{63 \times 22} = 37^{mm},3$ de mercure. Ainsi une pression totale de sept, ou une pression effective de six atmosphères, la plus forte qui soit usitée dans l'industrie, sera accusée par une dénivellation du mercure de $223^{mm},8$, dans la branche ouverte, égale à celle qui aura lieu dans les autres branches. Il n'y a, dans tout ce qui précède, rien qui ne soit déjà connu depuis longtemps, et qui n'ait été appliqué. Nous rappellerons, notamment, l'essai fait par la commission des machines à vapeur, il y a deux ans, d'un semblable manomètre à tubes de verre construit par M. Collardeau, et qui fut appliqué sur une machine locomotive du chemin de Paris à Corbeil, en même temps qu'un manomètre à air comprimé et un thermomanomètre.

Le tube replié est en fer. Les branches verticales, au nombre de 22, ont une hauteur totale de $0^{m},50$. Elles sont groupées de manière à ce que leur ensemble forme

Digitized by Google

un parallélipipède rectangle dont la base a 0m,14 sur 0m,062. La dernière branche verticale ouverte à l'air libre est ramenée vers le milieu de la face antérieure du parallélipipède et porte un tube en verre de 0m,245 de hauteur, qui laisse apercevoir l'extrémité de la colonne de mercure. Ce tube en verre est maintenu entre l'extrémité du tube replié et un autre bout de tube qui se recourbe et communique avec un tube en fer cylindrique plus large, placé derrière le parallélipipède, et qui constitue un réservoir destiné à recevoir le mercure, dans le cas où par suite d'une pression trop élevée dans la chaudière, ou d'une oscillation qui aurait lieu au moment de l'ouverture du robinet, la colonne mercurielle viendrait à dépasser l'extrémité supérieure du tube en verre. Le mercure peut être retiré de ce réservoir, en ôtant une vis en fer qui ferme un orifice ménagé à sa partie inférieure.

La première branche du manomètre, celle qui est mise en communication directe avec la chaudière, se prolonge jusqu'à la face supérieure du parallélipipède circonscrit à l'ensemble des plis du tube. Elle porte deux robinets placés l'un à son extrémité supérieure, à l'arrivée du tube venant de la chaudière, l'autre au niveau ou un peu au-dessus du niveau que doit atteindre le mercure, lorsque le manomètre n'est point en pression. Nous dirons tout à l'heure l'usage de ces robinets.

Pour remplir l'instrument de mercure et d'eau, des ouvertures fermées par des vis en fer sont ménagées, les unes aux sommets des coudes supérieurs de tous les syphons renversés, les autres sur une même ligne horizontale au milieu de la hauteur des branches verticales situées d'un même côté. On remplit d'abord, par ces dernières ouvertures, les parties inférieures de tous les tubes, de mercure que l'on introduit au moyen d'un petit entonnoir à tige recourbée. L'on verse du mercure dans chaque tube, jusqu'à ce qu'il vienne affleurer les ouvertures. On ferme celles-ci par les vis en fer. On ouvre ensuite les ouvertures ménagées aux sommets des coudes supérieurs, et on y verse, à l'aide d'un entonnoir élevé à tige effilée, de l'eau, de manière à remplir complétement les parties supérieures des branches verticales. La partie supérieure de la première branche verticale étant également remplie d'eau, jusqu'au niveau où elle se maintiendra remplie par l'eau provenant de la vapeur condensée, quand elle sera mise en communication avec la chaudière, on ferme tous les orifices. Le n° 1 de l'échelle divisée en atmosphères doit correspondre à la position qu'occupe alors le niveau du mercure dans le tube en verre. L'échelle du manomètre est tracée sur une lame de cuivre. Elle est divisée, d'après le nombre de branches de l'instrument supposé bien calibré ; elle est mobile le long du tube en verre, et peut être fixée par deux vis de pression, de manière à ce que le chiffre 1 corresponde au niveau du mercure, lorsque le manomètre communique par l'une et l'autre de ses extrémités avec l'atmosphère. L'échelle du manomètre essayé par la commission des machines à vapeur marque jusqu'à sept atmosphères. L'intervalle d'une atmosphère est de 37 millim.

Les replis du tube en fer sont maintenus par des entre-toises. Tout l'instrument groupé d'une manière assez élégante en un parallélipipède de 0m,50 de hauteur, et dont la base a 0m,14 sur 0m,06, est ajusté sur une plaque en fer avec des montants en équerre à la partie postérieure, de sorte qu'il peut être adapté facilement et simplement à l'avant d'une chaudière de machine locomotive, sur une chaudière de bateau, ou devant le foyer d'une chaudière, de manière à ce que l'échelle soit dans tous les cas bien en vue du chauffeur.

On peut vérifier, à un instant quelconque, quand le manomètre est en place, s'il marque une atmosphère lorsque la pression est supprimée. A cet effet, après avoir fermé le robinet supérieur de la première branche qui intercepte la communication avec la chaudière, on ouvre le second robinet placé au-dessous sur la même branche. Le tube replié étant ainsi mis en communication par les deux bouts avec l'atmosphère, le mercure doit retomber dans le tube en verre, au n° 1 de l'échelle.

Si le tube qui met le manomètre en communication avec la chaudière vient à s'engorger, il suffit, pour le purger, d'ouvrir le robinet inférieur; l'eau contenue dans le tube de communication est chassée par la pression de la vapeur, et emporte, en s'écoulant par le robinet, les matières qui avaient occasionné l'obstruction.

La correspondance du niveau du mercure dans le tube en verre, avec les divisions de l'échelle, s'aperçoit avec facilité, même pendant la marche des machines locomotives.

Il résulte des essais auxquels la commission centrale des machines à vapeur a soumis le manomètre à air libre, de M. Richard :

1° Que le manomètre peut être facilement adopté aux chaudières de machines locomotives comme aux chaudières de bateaux à haute pression ;

2° Que les indications de ce manomètre, sans comporter le même degré d'exactitude que celles du manomètre à air libre ordinaire, sont cependant susceptibles d'une précision suffisante pour les besoins de la pratique, pourvu que les tubes en fer et en verre soient calibrés aussi exactement que possible, que les deux points extrêmes de l'échelle aient été déterminés par comparaison directe avec un manomètre à air libre ordinaire, et que l'on ait soin de vérifier fréquemment et de rectifier au besoin la position du point de départ de l'échelle ;

3° Que la division de l'échelle par un calcul qui suppose l'égalité du calibre intérieur des tubes en fer et en verre, sera presque toujours fort inexacte et doit être rejetée; qu'en conséquence il sera indispensable, quand on remplacera le tube en verre d'un manomètre de M. Richard, de remplacer aussi l'échelle, ou du moins de la vérifier de nouveau.

MARAIS SALANTS. Les applications du sel sont aussi variées qu'importantes; employé dans l'économie domestique, pour la conservation et l'assaisonnement des aliments, il est devenu tout à fait indispensable à la satisfaction de nos besoins les plus ordinaires. Dans l'industrie, le sel marin n'est pas d'une moins grande utilité; il sert à préparer l'acide hydrochlorique, le chlore, le sel ammoniac et tous les produits du sodium, le carbonate de soude, les savons, le sulfate de soude, etc. L'agriculture, enfin, est appelée à retirer les plus grands avantages de l'emploi de ce corps, pour l'amendement des terres et l'engraissement des animaux, quand les dispositions fiscales devenues moins sévères permettront au commerce de l'obtenir au prix de fabrication. On comprend d'après cela l'importance de la production de ce corps et l'intérêt que doivent présenter les détails de sa fabrication.

L'usage du sel remonte à la plus haute antiquité. L'histoire a seulement conservé le nom de Phidippas qui employa le premier, dans la Grèce, le sel pour la conservation des aliments. Tous les peuples de l'antiquité se sont formés sur le sel les idées les plus superstitieuses. Ces croyances transmises de génération en génération se retrouvent encore chez nous jusqu'à un certain point. Consacré aux dieux chez les païens, le sel entre encore comme symbole dans l'administration du premier sacrement de l'Église. La propriété conservatrice dont il jouit rappelle des idées de force et de durée dont les hommes ont toujours avidement recherché les manifestations.

Les anciens retiraient le sel, comme nous le faisons

Digitized by Google

encore aujourd'hui, des mines de sel gemme, des sources salées (voyez SEL GEMME) et de l'eau de la mer. Nous décrirons ici les différents moyens employés dans ce dernier genre de fabrication.

L'extraction du sel de l'eau de mer par l'évaporation spontanée de ce liquide dans les marais salants est sans contredit la méthode la plus généralement et la plus fructueusement employée. Nous la décrirons donc la première, et nous parlerons ensuite de quelques autres procédés beaucoup moins importants.

Rappelons d'abord, en quelques mots, les propriétés chimiques du sel marin dont la connaissance nous sera nécessaire dans cet article.

Le sel marin, connu aussi sous les noms de sel de cuisine, sel commun, muriate de soude, n'est autre chose que du chlorure de sodium. A l'état de pureté, il est représenté par la formule $Na\ Cl^2$, et renferme par conséquent :

Sodium. .	290,897	ou bien		39,65
Chlore.. .	442,650			60,35
	733,547			100,00

Le sel marin est blanc; il cristallise en cubes. Sa pesanteur spécifique est 2,125. Il est soluble dans l'eau, mais sa solubilité n'augmente presque pas avec la température : ainsi 100 parties d'eau à 13°,89 dissolvent 35,81 parties de sel, et seulement 40,38 parties à 109°,38, température d'ébullition de l'eau saturée de sel.

Le sel marin ne s'altère pas à l'air lorsqu'il est pur. Celui du commerce paraît déliquescent, parce qu'il renferme quelques sels étrangers très avides d'humidité.

La salure des différentes mers n'est pas absolument la même. Elle semble, en général, augmenter dans les points les plus profonds et les plus éloignés des continents, et diminuer dans le voisinage des grandes masses de glace. Les petites mers sont moins salées que les grandes, excepté la Méditerranée qui paraît être plus salée que les autres; ce que l'on doit attribuer à la forte évaporation qui a lieu à la surface, relativement à la faible masse d'eau qu'elle renferme.

Suivant Murray, l'eau de mer recueillie dans le golfe de Forth (Écosse) contient :

Sel marin.	2,2004
Sulfate de soude. . .	0,3316
Chlorure de calcium. .	0,0784
Chlorure de magnésium.	0,4208
Eau.	96,9694
	100,0000

D'après le docteur Marcet, l'eau prise au milieu de l'Atlantique du nord renferme :

Chlorure de sodium. .	2,660
Sulfate de soude. . .	0,466
Chlorure de calcium. .	0,199
Chlorure de magnésium.	0,991
Eau.	95,684
	100,000

L'eau des côtes de France contient en moyenne, sur cent parties :

Sel marin.	2,50
Chlorure de magnésium.	0,35
Sulfate de magnésie.	0,58
Carbonates de chaux et de magnésie.	0,02
Sulfate de chaux.	0,01
Eau.	96,54
	100,00

On sait d'ailleurs que l'eau de mer renferme des traces d'iodures et de bromures.

La quantité d'eau à évaporer est donc toujours très considerable; mais dans les marais salants bien placés, l'évaporation est assez rapide pour qu'il soit facile de s'en débarrasser.

Nous avons en France des marais salants sur les côtes de Bretagne et sur les bords de la Méditerranée. Le travail des marais, dans des climats aussi différents, présente des différences essentielles que l'on n'a pas assez fait connaître jusqu'à présent. Un long séjour dans ces deux contrées nous a permis de les apprecier, et nous croyons devoir étudier séparément l'industrie des marais salants dans l'ouest et dans le midi de la France. Nous décrirons en même temps deux autres industries qui se rattachent à la première : le raffinage du sel en Bretagne, le traitement des eaux-mères des salines dans le Languedoc et la Provence.

1° *Marais salants de l'Ouest.* La fig. 1500 peut donner une idée de leur disposition générale. L'eau est introduite pendant la haute mer au moyen d'une vanne en bois A, dans un premier réservoir B, nommé *jas* (1), dont la profondeur varie de 0m,60 à 2m. L'eau laisse déposer les matières étrangères qu'elle tenait en suspension et commence à s'échauffer dans ce premier bassin. Du jas, l'eau est conduite par un canal souterrain C, nommé *gourmas*, que l'on peut ouvrir et fermer à volonté au moyen d'une petite vanne, dans les *couches c, c*, suite de bassins de 0m,25 à 0m,45 de profondeur, qu'elle doit parcourir successivement. Au moyen d'un autre conduit D, appelé *faux gourmas*, l'eau, déjà concentrée par son passage dans les couches, arrive dans une rigole fort longue E, nommée *mort*, qui fait ordinairement le tour du marais, et se trouve conduite dans les *tables t, t*, autre série de bassins analogues aux couches. L'eau, en sortant des tables, arrive dans le *muant*, dernière série de bassins *m, m*, qui la distribue au moyen de petites rigoles ouvertes dans le sol avec un pieu pointu dans les aires ou *œillets a, a*, où le sel se dépose.

Quand la saison est favorable, l'eau arrive très concentrée dans les aires et commence à *saliner* presque immédiatement. Il se forme à la surface des croûtes de sel que l'on recueille de suite, ou bien que l'on casse et que l'on reprend au fond de l'œillet quand elles y sont réunies. On recueille le sel deux ou trois fois par semaine, et même tous les jours, quand il fait chaud et sec. Les eaux-mères sont rejetées quand elles atteignent un certain degré de concentration.

Le sel est d'abord recueilli en petits tas sur le bord même des œillets. On transporte ensuite ces petits tas dans l'espace compris entre les couches et les tables pour former des monceaux plus considérables. Le sel, ainsi abandonné à lui-même pendant quelque temps, s'égoutte et se purifie en partie des sels déliquescents qu'il renferme. On réunit enfin tous les tas dont nous venons de parler en grandes masses, appelées *mulots*, qui ont ordinairement la forme d'un tronc de cône surmonté d'une calotte sphérique. On recouvre le sel, ainsi réuni, d'une couche de terre glaise soigneusement damée, et on le conserve par ce moyen jusqu'au moment de sa vente.

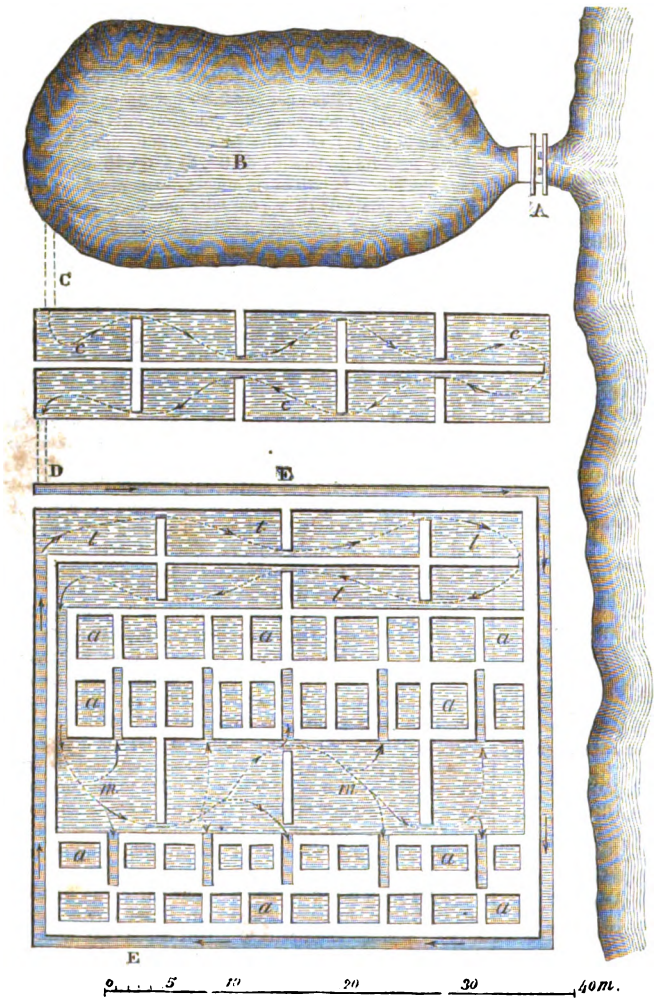
Le sel en mulot continue à se purifier d'une manière remarquable; la terre glaise dont il est enveloppé le met à l'abri de l'eau et l'entretient cependant dans un état constant d'humidité, qui permet aux sels déliquescents de se liquéfier et de s'écouler par de petits canaux ménagés à la base des mulots. C'est une opération analogue à celle du terrage du sucre dans les raffineries.

L'emplacement choisi pour l'établissement d'un marais salant doit réunir plusieurs conditions. Il doit être uni et présenter une pente pour ainsi dire nulle, car la

(1) Les noms que nous employons dans cette description sont ceux que l'on trouve dans tous les auteurs; nous devons faire remarquer qu'ils varient d'une localité à l'autre, et qu'il ne faudrait pas, par conséquent, leur attribuer une signification absolue.

Digitized by Google

différence de niveau entre le premier et le dernier bassin n'est que de quelques millimètres. Sa surface doit être un peu moins élevée que le niveau des hautes mers, mais des digues parfaitement entretenues doivent le mettre à l'abri des inondations. L'exposition d'un marais est aussi d'une immense importance, puisque l'évaporation et par conséquent le produit dépendent en grande partie de cette circonstance. On doit enfin apporter une grande attention à la nature du sol, et chercher à établir les marais dans un terroir glaiseux, afin de trouver dans les fouilles mêmes la terre qui doit servir à recouvrir le fond, les parois, et à faire les différentes petites digues qui séparent les bassins. On construit et on entretient la surface des marais avec des



1500.

pelles en bois planes et fixées à des manches inclinés. Le fond des œillets surtout doit être parfaitement uni pour faciliter la récolte du sel, et empêcher, autant que possible, son mélange avec la terre sur laquelle il repose.

Le sel obtenu comme nous venons de l'indiquer est en petits cristaux toujours souillés de terre, qui leur donne un aspect grisâtre. On peut en avoir de très blanc en le recueillant à la surface, quand le vent est un peu fort et le marais encore peu échauffé ; mais cette fabrication est sans importance.

Les sels gris des côtes de Bretagne ne sont pas très purs, ils renferment :

Chlorure de sodium.	87,97
Chlorure de magnésium.	1,58
Sulfate de magnésie.	0,50
Sulfate de chaux.	4,65
Matière insoluble.	0,80
Eau.	7,50
Total. . .	100,00

Raffinage du sel. Une partie du sel obtenu dans les marais n'est livrée à la consommation qu'après avoir subi dans les raffineries soit un simple lavage, soit une épuration complète.

Le lavage consiste seulement à agiter le sel dans de l'eau déjà saturée du même corps, on entraîne ainsi une partie des sels magnésiens et des matières insolubles qui restent en suspension dans l'eau de lavage qui peut servir un grand nombre de fois. On égoutte le sel, puis on le chauffe très fortement dans des étuves en maçonnerie. On lui fait perdre par ce moyen environ 7 p. 100 d'eau, qu'il retrouve plus tard chez les débitants, et on économise ainsi plus de 2 fr. par 100 kilogr. de sel sur les frais de douanes, qui se payent en sortant de l'atelier.

Le raffinage proprement dit consiste à précipiter la magnésie, en ajoutant un lait de chaux à la dissolution de sel marin dans l'eau ordinaire. On fait ensuite passer la liqueur, pour la filtrer, à travers des vases dont les fonds percés de trous sont recouverts avec des nattes dans lesquelles on apporte le sucre des colonies ; il ne reste plus qu'à l'évaporer. Cette dernière opération s'exécute au moyen de deux énormes chaudières (figure 1501), à fond plat, de 10m,20 de longueur sur 4m,30 de largeur, et de 0m,60 de profondeur. La première de ces chaudières est exposée à l'action directe du feu ; l'évaporation est très rapide, et on obtient du sel très blanc en cristaux indiscernables, pour l'usage de la table. La seconde chaudière n'est échauffée que par le passage des produits de la combustion. Sa température ne dépasse pas 50 à 60°. Le sel s'y dépose lentement en cristaux cubiques disposés en trémies assez volumineuses très recherchées pour les salaisons de mornes.

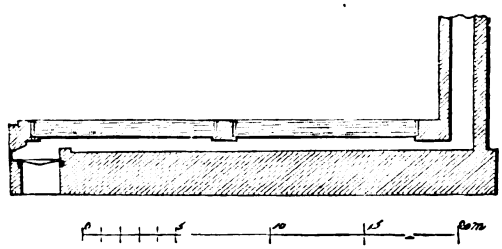
Pour faciliter la montée des écumes on ajoute à la liqueur un peu d'alun en poudre au moment où elle commence à bouillir.

Chaque cuite consomme 19 hectolitres de houille anglaise de bonne qualité, et fournit 4,000 à 4,500 kilogrammes de sel. On voit que la consommation de combustible est assez faible. La forme des fourneaux est cependant très simple : la houille est placée sur une grille à l'une des extrémités de la chaudière, et la flamme se répand librement sous toute la chaudière,

Digitized by Google

où il n'existe aucun carneau, pour aller gagner la cheminée à l'extrémité opposée.

On retire quelquefois, pendant l'hiver, du sulfate de soude des eaux-mères de raffinerie. Jusqu'à présent cette industrie ne présente rien de régulier. Il serait très facile d'utiliser, sous ce rapport, les eaux-mères



1501.

rejetées par les paludiers bretons. Le résidu de l'évaporation de ces liqueurs contient en effet :

Chlorure de sodium.	0,11170
Chlorure de magnésium.	0,13134
Sulfate de magnésie	0,10650

Par un refroidissement convenable elles laisseraient déposer, par une action de double décomposition, du sulfate de soude, et resteraient chargées de chlorure de magnésium. Cette idée est déjà réalisée par M. Balard, comme nous le verrons bientôt.

2° *Salines du Midi.* On rencontre souvent sur les bords de la Méditerranée de vastes plages très unies et situées au niveau de la mer, et même quelquefois un peu au-dessous; placées sous un climat très chaud elles se prêtent parfaitement à l'industrie qui nous occupe.

La disposition générale du plan d'un marais salant du midi de la France diffère peu de celle des marais de l'Ouest. Dans les deux cas, l'eau amenée dans un premier bassin s'y éclaircit par le repos, et s'évapore ensuite en parcourant une série de bassins enduits de terre-glaise. Mais ici déjà se remarque une première différence. Dans l'Ouest, l'eau ne descend des bassins supérieurs dans les bassins inférieurs que pour remplacer celle que l'évaporation vient d'enlever; dans le Midi, au contraire, l'eau arrivée dans la dernière pièce tombe dans un puits et se trouve remontée, par une roue à tympan, au niveau des pièces supérieures qu'elle va rejoindre, par une rigole convenablement disposée. L'eau se trouve ainsi dans un mouvement continuel; la surface, en contact avec l'air, se renouvelle sans cesse, et l'évaporation s'accroit d'une manière énorme.

Il serait facile d'appliquer cette disposition aux marais de l'Ouest; le creusement de quelques rigoles et l'établissement d'une roue à tympan, d'une valeur de 300 à 400 fr., pourraient augmenter la production du sel d'au moins 1/3e, comme le démontrent des expériences et un calcul très simple. L'existence d'une population nombreuse, aujourd'hui menacée de la plus affreuse misère, par la suppression, en 1849, du privilége qui la soutenait, se trouverait assurée par ces légères modifications.

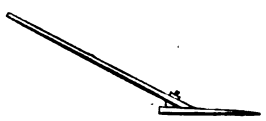
Les roues à tympan sont en bois; elles ont de 2m à 5m de diamètre, et 0m,40 à 0m,50 de largeur. Un mulet suffit pour les mettre en mouvement. Dans les grands marais salants, au Bagnas (Hérault) par exemple, on en réunit dix ou douze sous le même hangar; deux ou trois hommes suffisent pour les surveiller.

Il se dépose dans les canaux qui séparent les premières pièces de grandes quantités de matières pierreuses, très dures et cristallisées, que l'on dit être du plâtre pur.

Quand l'eau est arrivée, par son séjour dans les pièces, à marquer 22° ou 24° au pèse-sel de Beaumé, on la fait entrer dans les *tables* ou *aires* où le sel doit se déposer. La cristallisation commence quand l'eau marque 25° au pèse-sel; on la laisse continuer en amenant peu à peu de nouvelle eau des pièces, de manière à ce que la densité du liquide dans les tables soit toujours au-dessus de 25° et au-dessous de 28°. La couche de sel déposée augmente continuellement et finit par atteindre une épaisseur de 0m,15 à 0m,18. On cesse alors d'introduire de nouvelle eau, et après avoir laissé la densité de celle qui reste s'élever jusqu'à 28°, on la fait s'écouler. Ce sont les eaux-mères que l'on perdait autrefois, et qui seront peut-être un jour aussi précieuses que le sel lui-même qu'elles ont laissé déposer.

La couche du sel s'égoutte pendant quelques jours dans les tables, puis on l'enlève, au moyen d'une pelle plate en bois (fig. 1502), recouverte de fer-blanc, que l'on introduit entre le sel et le sol, de manière à ne pas le mélanger de terre. On réunit le sel en petits tas coniques dans la table même, et quand il est à peu près desséché on le réunit en énormes tas, quelquefois coniques, mais en général en forme de pyramides quadrangulaires que l'on couvre avec des roseaux jusqu'au moment de l'expédition.

La première récolte du sel se fait, vers la fin de juillet. Quand le temps est favorable on peut en faire une seconde, et quelquefois même une troisième, moins considérable que les deux premières.



1502

On voit que ce procédé diffère essentiellement de celui des salines de l'Ouest, dans lesquelles on recueille le sel presque tous les jours. La différence des climats explique, du reste facilement, l'emploi de ces deux méthodes.

Les produits sont aussi différents que les procédés qui les fournissent. Tandis que dans l'Ouest on obtient du sel gris, en petits cristaux d'un ou deux millimètres seulement, dans le Midi le sel est en masses fortement agrégées et formées de cristaux d'une blancheur éblouissante, et de plusieurs centimètres de côté.

Les ouvriers ont l'habitude de placer à l'entrée des tables des corbeilles et différents objets en osier, qui se recouvrent de magnifiques cristaux cubiques beaucoup plus brillants et d'un effet plus agréable que les objets analogues que l'on fait ordinairement en alun.

Le sel obtenu dans le Midi est aussi beaucoup plus pur que celui de l'Ouest, il renferme :

Chlorure de sodium.	95,11
Chlorure de magnésium. . . .	0,23
Sulfate de magnésie.	1,30
Sulfate de chaux.	0,91
Matière insoluble.	0,10
Eeau hygrométrique.	2,35
Total. . .	100,00

On obtient sous le nom de *sel d'écume* un produit blanc en cristaux indiscernables, qui sert pour la table; il ressemble au plus beau sel blanc des raffineries. Il se forme, sous le vent, dans les parties des dernières pièces où l'évaporation est la plus rapide. On commence à demander ce produit dans le commerce; on ne trouvait pas autrefois à le placer.

L'eau des marais salants présente souvent une couleur rouge foncée. La cause de cette coloration a donné lieu à des discussions fort longues et très animées entre les savants les plus distingués de notre époque. Nous ne rappellerons point ces discussions, nous dirons seulement quelques mots de ce curieux phénomène. On avait

Digitized by Google

d'abord attribué la coloration de l'eau des marais à la présence d'un grand nombre d'*artemia salina*, petit crustacé connu depuis longtemps. Mais il est maintenant bien établi que cette coloration est due à des globules microscopiques que quelques savants disent être des infusoires, et que d'autres supposent appartenir à la famille des *protococcus*.

Le sel qui cristallise dans des eaux rouges conserve quelquefois une légère teinte rose qui le fait rechercher de quelques industries. Cette teinte rose, tout à fait accidentelle autrefois, s'obtient souvent aujourd'hui en agitant d'une certaine manière l'eau des tables dont le fond est enduit de terres creuses rouges.

Traitement des eaux-mères. M. Balard a pris, il y a deux ou trois ans, un brevet pour l'exploitation des eaux-mères des salines. Le jury de l'exposition de l'industrie nationale a décerné, en 1844, la grande médaille d'or à cette nouvelle industrie. Nous expliquerons en peu de mots en quoi elle consiste.

Les eaux-mères, extraites des tables où on recueille le sel, sont amenées dans des tables plus petites que les premières et destinées exclusivement à leur traitement. Elles déposent d'abord du sel, qui forme un sol artificiel sur lequel viendront, plus tard, se déposer les produits que l'on cherche à recueillir. Après un certain temps, il se dépose du sulfate de magnésie que l'on conserve pour l'utiliser plus tard, au commencement de l'hiver, comme nous le verrons bientôt.

Après la cristallisation du sulfate de magnésie, le produit que M. Balard désigne sous le nom de *sel d'été*, commence à se déposer. Le mode de combinaison des sels que renferme ce dépôt n'est pas encore bien connu ; ce qu'il y a de certain, c'est qu'il contient de la potasse, en forte proportion, de la soude, de la magnésie, de l'acide sulfurique et enfin de l'acide hydrochlorique.

On retire facilement de la dissolution du sel d'été, dans l'eau ordinaire, de magnifiques cristaux d'un sulfate double de potasse et de magnésie dont la formule est ; $SO^3\ KO + SO^3\ Mg\ O + 6\ H^2O$. Ce qui donne en nombres :

Acide sulfurique.	39,71
Potasse.	23,30
Eau.	26,77
Magnésie.	10,22
Total. . .	100,00

Ce sel est donc quatre fois plus riche en potasse que l'alun, qui ne contient que 9,94 p. 100 de cette base. On conçoit dès lors l'importance de ce nouveau produit pour la France, où les produits potassiques sont très rares. En se débarrassant de la magnésie, ce qui serait facile par plusieurs procédés économiques, on obtiendrait du sulfate de potasse très pur dont le prix est toujours assez élevé.

Les Anglais ont fait des commandes considérables du sel double qui nous occupe, quand ils en ont connu l'existence. Il est probable qu'ils s'en servent pour préparer à la fois du carbonate de magnésie et du sulfate de potasse très pur pour les fabriques de verres fins.

On peut aussi préparer du chlorure de potassium en traitant convenablement le sel d'été. Cette dernière application est d'une grande importance.

L'eau-mère qui a déposé le sel d'été n'est pas encore épuisée. On la conserve, et, à l'époque des premiers froids, on y ajoute le sulfate de magnésie recueilli pendant la campagne. Il se produit une double décomposition en vertu de laquelle il se dépose du sulfate de soude, tandis que du chlorure de magnésium reste dans la dissolution. Cette réaction est facile à expliquer en étudiant le degré de solubilité des sels en présence, à différentes températures.

Presque toutes les salines du Midi se trouvent aujourd'hui entre les mains d'une compagnie puissante, qui organise, sur une très grande échelle, les procédés de M. Balard aux salines du Becquet, près Aigues-Mortes, et aux salines du Bagnas et de Villeroy, dans le département de l'Hérault.

Pour terminer l'exposition des procédés employés pour extraire le sel marin de l'eau de mer, il nous reste à indiquer deux procédés, peu employés, mais que l'on doit cependant signaler.

Sel ignifère. On désigne sous ce nom le sel que l'on prépare dans l'Avranchin (département de la Manche). Cette industrie était protégée par des priviléges qui n'existent plus aujourd'hui, aussi se trouve-t-elle réduite à un état très précaire : nous n'en parlons ici que pour mémoire.

Le saunier ramasse, pendant les basses-mers, le sable qui a été imprégné d'eau de mer, et qui, desséché par l'évaporation, contient une certaine quantité de sel. Il place ce sable dans une grande caisse en bois de $0^m,30$ environ de profondeur, et de $3^m,00$ de côté dont le fond est recouvert de paille, de manière à former une espèce de filtre, puis il verse dessus 700 à 800 litres d'eau de mer qui se sature de sel en traversant cette couche de sable. La densité de cette eau s'élève environ à 1,16, c'est le point le plus convenable pour la soumettre à l'évaporation. Cette opération s'exécute, au moyen de trois bassines en plomb, de 20 litres de capacité, simplement posées sur les pierres qui forment le fourneau. On enlève les écumes quand le liquide, que l'on nomme brune, commence à bouillir, et chaque fois que l'on ajoute de nouvelle eau pour remplacer celle qui s'est évaporée, on évapore la masse à sec en ménageant le feu pour ne pas fondre les plombs à la fin de l'évaporation. Chaque opération dure 2 heures. On peut en faire dix ou douze par jour. On évapore 700 à 800 litres de brune qui fournissent 150 à 200^k de sel, et on brûle vingt à vingt-cinq fagots. Le sel obtenu dans chaque opération est placé dans des paniers, que l'on suspend au-dessus des chaudières pendant l'opération suivante. Les sels déliquescents se liquéfient, et le sel en s'égouttant s'en trouve en grande partie débarrassé.

Extraction du sel par la gelée. L'eau, chargée de sel, jouit de la propriété de ne se solidifier qu'à une température de beaucoup inférieure à celle qui suffit pour congeler l'eau pure. De là, un moyen de se procurer du sel de l'eau de mer, dans les pays froids, où on ne peut appliquer la méthode des marais salants. Il suffit, en effet, d'exposer à un certain refroidissement l'eau de mer pour la voir se partager en deux parties : l'eau pure se gèle, et l'eau chargée de sel reste liquide. On enlève les glaçons, et, en répétant cette opération, si cela est nécessaire, on obtient une liqueur très concentrée qu'il suffit de soumettre à l'évaporation.

Les sels obtenus par ce procédé sont très impurs. D'après M. Hess, le sel des salines d'Oustkout renferme :

Sel marin.	74,84
Sulfate de soude. . . .	15,20
Chlorure d'aluminium. . .	1,17
Chlorure de calcium. . .	5,21
Chlorure de magnésium. .	3,57
Total. . .	100,00

On pourrait les obtenir très purs en traitant l'eau de mer par la chaux avant de l'exposer à la gelée; on décomposerait ainsi les sels de magnésie et d'alumine et on empêcherait la formation du sulfate de soude et, par conséquent, la décomposition d'une quantité équivalente de sel marin.

Nous ne voulons pas nous occuper ici de la question de l'impôt sur le sel, nous rappellerons seulement que c'est Philippe de Valois qui rendit fixe et permanent le droit sur le sel en 1344 ou 1345. Mais saint Louis et

Digitized by Google

Philippe le Long avaient déjà levé des taxes sur cette substance. Les établissements où l'on fabrique le sel sont aujourd'hui soumis à une surveillance des plus actives de la part de l'administration des douanes. Le droit perçu est environ égal à dix fois le prix du sel dans la saline même. L'administration semble disposée à décharger de ces droits les sels *dénaturés* destinés à l'agriculture. On est donc amené à chercher les moyens de rendre impropre à l'alimentation de l'homme une substance que l'eau de la mer et le soleil suffisent pour procurer. Triste résultat de la fausseté des principes qui nous régissent en matière d'impôt! H. MANGON.

MARBRE (*angl.* marble, *all.* marmor). Les marbres appartiennent à deux variétés de pierre calcaire, la variété saccharoïde et la variété compacte.

La chaux carbonatée saccharoïde fournit les marbres statuaires : celui de Carrare, dont le grain est très fin et très homogène, est actuellement le plus généralement employé ; celui de Saint-Béat, dans les Pyrénées, est à grain beaucoup plus gros, plus translucide, et se rapproche beaucoup du marbre antique de Paros ; celui de Soste est à grain très fin, fortement translucide, d'une sonorité remarquable, et pour ainsi dire inaltérable par l'action des agents atmosphériques. Malgré ces précieuses qualités qui devraient le faire préférer à tout autre, pour l'art statuaire, surtout dans nos climats froids et pluvieux, ce marbre n'est presque pas employé à cause de son extrême dureté qui augmente considérablement les frais de main-d'œuvre. Parmi les marbres d'ornement qui se rapportent au calcaire saccharoïde, nous citerons le *bleu turquin* légèrement coloré en gris-bleuâtre par une faible proportion de bitume ; le *marbre jaune antique* coloré par une petite quantité d'hydrate de fer ; et le *marbre cipolin*, marqué de larges bandes ondulées blanches et vertes, résultat de l'association du calcaire saccharoïde blanc et de schiste talqueux verdâtre. Ces divers marbres sont des roches métamorphiques.

Les calcaires compactes fournissent la plupart des marbres d'ornement. Leur nombre est infini, et leur nomenclature est arbitraire ; elle varie dans chaque pays. Les plus abondants sont donnés par des colorations en noir ou en gris dues à un mélange de bitume, en rouge ou en jaune par de l'oxyde de fer anhydre ou hydraté. Quelques marbres verts sont le résultat d'un mélange de calcaire et de schiste talqueux ou de serpentine. Dans les marbres noirs, on distingue : 1° le *noir antique*, ou drap mortuaire dont la couleur est homogène ; 2° le *petit granite*, dont le fond noir est parsemé de parties plus claires, disséminées d'une manière à peu près régulière. Ces parties, qui brillent dans la cassure, sont dues à des encrines spathiques ; 3° le *marbre Sainte-Anne*, qui présente sur un fond noir ou d'un gris très foncé, des veines blanches qui se croisent dans tous les sens ; 4° le *petit antique*, offrant un mélange de taches noires et blanches à peu près égales et anguleuses. Ces quatre variétés de marbre, appartenant au terrain de transition, existent avec abondance dans les environs de Mons, et forment, pour la Belgique, un objet d'exportation considérable ; 5° le *marbre portor*, exploité au pied des Apennins au sud-est de Gênes, et près de Porto-Venere, lequel présente sur un fond d'un beau noir des veines d'un jaune doré du plus bel effet. Parmi les marbres rouges, on distingue : 1° le *marbre griotte*, dont le fond, d'un rouge-brun, est parsemé d'une manière symétrique de taches d'un rouge beaucoup plus clair, quelquefois aussi de taches blanches, arrondies, appartenant à des nautiles ; 2° le *marbre de Sarancolin*, dans les Pyrénées, d'un rouge foncé, mêlé de gris et de jaune avec des parties transparentes ; 3° le *marbre du Languedoc*, ou *marbre incarnat*, d'un rouge assez clair, mêlé de parties plus claires dues à des polypiers. On doit encore signaler le marbre de Florence, ou *marbre ruiniforme*, dans lequel on remarque, sur un fond gris, des dessins anguleux, bizarres, d'un brun-jaunâtre, qui simulent l'apparence de ruines ; c'est un calcaire compacte argileux d'un gris-jaunâtre, dans lequel le retrait a produit des fentes dans différents sens. Un ciment calcaire en a réuni plus tard les fragments, tandis qu'une infiltration ferrugineuse, se distribuant d'une manière irrégulière dans ce calcaire, a produit les dessins figuratifs.

Les calcaires compactes contiennent très fréquemment des coquilles fossiles disséminées dans leur intérieur ; quand ces coquilles sont abondantes et que le test en est conservé, on désigne ces calcaires sous le nom de *lumachelle ;* parmi ces lumachelles, quelques-unes présentent des reflets agréables analogues à ceux de la nacre : elles sont alors très estimées comme marbre d'ornement. On distingue la *lumachelle d'Astrakan* et la *lumachelle opaline* : dans la première, les coquilles sont d'un jaune clair et se détachent sur un fond brunâtre. La lumachelle opaline vient de Bleiberg en Carinthie ; elle présente des reflets irisés de couleur rouge-orange, rouge de feu et gorge de pigeon du plus bel effet.

Cet aperçu succinct sur les marbres montre que leur gisement général est dans les terrains de transition ; cependant, dans les Alpes et dans les Pyrénées, les formations jurassiques et crétacées en fournissent également de très beaux, mais leurs caractères sont dus à une cause métamorphique.

L'estime que l'on fait d'un marbre est fondée sur la vivacité de ses couleurs, sur son homogénéité qu'on reconnaît au son plus ou moins clair qu'il rend lorsqu'on le frappe, sur la beauté du poli qu'il est susceptible de prendre, et surtout sur la propriété de se conserver à l'air sans altération. On ne saurait indiquer de règle à cet égard ; toutefois on peut dire que ceux qui contiennent de l'argile se délitent facilement à l'air, que les marbres mélangés de pyrites de fer se salissent en se couvrant de rouille, et qu'en général plus un marbre est sonore, plus il prend un beau poli et plus il est inaltérable à l'air.

MARGARATES. Sels formés par l'acide margarique.

Acide MARGARIQUE. Cet acide, découvert par M. Chevreul, cristallise en aiguilles entrelacées très brillantes, fusibles à 60°, insipides, insolubles dans l'eau, très solubles dans l'alcool et l'éther, formant avec les bases des sels qui ont beaucoup d'analogie avec les stéarates.

A l'état de pureté, l'acide margarique n'a pas d'usage dans les arts ; mais mélangé avec l'acide stéarique et quelquefois un peu de cire, il constitue les bougies stéariques (voyez BOUGIE).

MARNE (*angl.* marlen, *all.* mergel). Nom qu'on donne à tous les mélanges de calcaire et d'argile susceptibles de se déliter à l'air ; on les emploie en beaucoup de lieux pour amender les terres (voyez ARGILE et CALCAIRE).

MAROQUIN (voyez TANNAGE).

MARTEAU (voyez FER et MÉCANIQUE).

MARTEAU A VAPEUR. L'invention du marteau à vapeur ou marteau-pilon est réclamée, en France, par M. Schneider, du Creusot, qui a pris à cet égard un brevet en date du 19 avril 1842, et en Angleterre, par M. Nasmyth, breveté à Londres le 9 juin de la même année. Ce simple énoncé de dates suffit pour que l'on n'hésite pas un instant à attribuer à notre compatriote le mérite de la découverte de cette ingénieuse machine, qui présente une nouvelle application de l'emploi direct de la vapeur aux organes des machines-outils, principe que M. Cavé avait déjà exploité avec tant de succès dans ses *machines à percer et à cintrer la tôle*, etc. (voyez CHAUDRONNERIE). Avec le secours de ce marteau, on

Digitized by Google

forge et on soude les plus fortes pièces aussi facilement que celles de dimensions ordinaires. Le poids du marteau s'élève de 2500 à 3000 kilogr. ou plus, et sa levée peut varier à volonté depuis 1m et plus jusqu'aux plus petites distances, de sorte que l'ouvrier s'en sert indifféremment et avec une égale facilité pour souder, pour étirer, pour parer et pour finir. Lorsque l'ouvrier, pour vérifier les dimensions des pièces cinglées, veut suspendre, sans l'arrêter tout à fait, la marche du marteau, cette masse énorme se balance et oscille au-dessus de la pièce sans la toucher, attendant pour ainsi dire le moment d'agir.

Du reste, M. Schneider et M. Nasmyth employant les mêmes dispositions principales, il nous suffira, par exemple, de décrire le marteau à vapeur d'après le texte du brevet de M. Nasmyth.

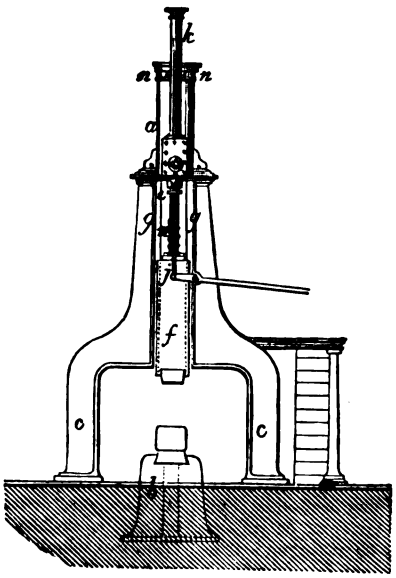
La fig. 1503 est une vue de face de ce marteau; la fig. 1504 est une coupe verticale passant par l'axe de la machine; et la fig. 1505 est une élévation de l'appareil un peu modifié et supposé opérer sur une forte pièce.

a, a, est un cylindre placé, aussi verticalement que possible, au-dessus de l'enclume *b*, et porté par les deux montants latéraux *c, c* (fig. 1503 et 1504), ou par un sommier *s* (fig. 1505). Un piston *d* se meut dans ce cylindre et soulève le mouton *f* avec lequel il est lié par la tige *e*. Ce mouton, qui sert de marteau, est guidé, dans son ascension et dans sa descente, par la coulisse verticale *g, g*, dont les deux côtés sont fixés aux montants *c, c* (figures 1503 et 1504), ou maintenus par des contre-fiches *u, u* (fig. 1505).

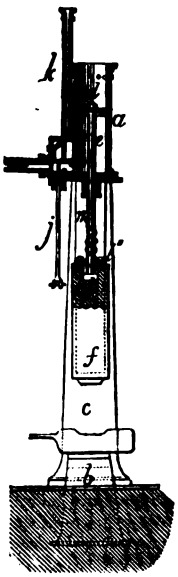
La vapeur, ou tout autre fluide élastique capable de soulever le marteau *f*, en agissant sous le piston, arrive, par suite de l'élévation du tiroir *i*, dans le cylindre *a*, agit sous la surface du piston *d*, et soulève le marteau *f*, à une hauteur limitée seulement par celle du cylindre auquel on peut donner toute la longueur nécessaire. Lorsque le marteau est arrivé à la hauteur que l'on désire, on abaisse le tiroir par le moyen de la tringle à poignée *j*, non seulement assez pour empêcher la vapeur d'affluer davantage, mais encore suffisamment pour permettre à celle qui est renfermée sous le piston de s'échapper par le tuyau *k*. Au moment où l'on exécute cette manœuvre, le marteau descend avec toute l'énergie due à la hauteur de sa chute, et donne, par conséquent, un coup puissant sur la pièce que l'on veut forger. On élève alors la poignée *j*, soit par l'effet même de la descente du marteau, soit à la main, selon qu'on le trouve plus convenable, et l'on permet ainsi à la vapeur de rentrer sous le piston. En admettant et en laissant ainsi échapper la vapeur, on communique donc au marteau *f* un mouvement d'ascension ou de chute, par l'action directe de ce fluide élastique, sans l'interposition d'aucune espèce de mécanisme. Ce qu'il y a d'ailleurs de très important, c'est que la rentrée de la vapeur, que la hauteur de la chute, et par conséquent l'intensité du coup peuvent varier à volonté, et que, de plus, la surface agissante du marteau ou de l'instrument tranchant, reste toujours parallèle à celle de l'enclume ou du coin qui reçoit le coup, quelle que soit la hauteur à laquelle s'élève la pièce choquante.

La liaison de la tige *e* du piston et le marteau se fait en interposant une matière élastique *l* (fig. 1504) entre ce marteau et les deux portées du renflement pratiqué au bas de la tige de suspension, afin d'éviter les ruptures ou les dégradations qui pourraient survenir au piston, à la tige ou au cylindre, au moment du choc, ou bien à celui de l'introduction de la vapeur dans le cylindre. Pour éviter plus sûrement ce dernier inconvénient, on taille un peu obliquement, à la lumière du cylindre, la partie inférieure du tiroir *i*, ce qui permet à la vapeur d'entrer d'abord par un des angles et d'agir sous le piston sans secousse brusque.

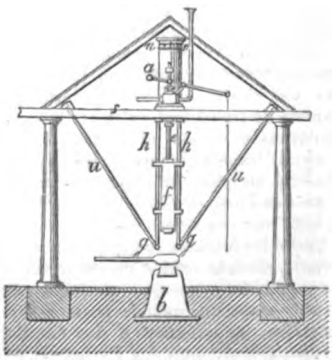
En se reportant à la fig. 1504, on reconnaît la position de la matière compressible (laine, bois ou cuir), au-dessus et au-dessous du renflement qui termine la tige *e*; cette matière est retenue en *l'*, par le fond de la cavité cylindrique, et en *l''*, par la rondelle boulonnée qui sert à lier la tige avec le marteau ou à l'en séparer, quand on le désire. Un fort ressort spiral *m* entoure la tige du piston, et prévient les chocs rudes que le marteau pouvait exercer contre le fond du cylindre; ce ressort sert en même temps de rabat pour accélérer la chute. On empêche au reste le piston de s'élever trop



1503.



1504.



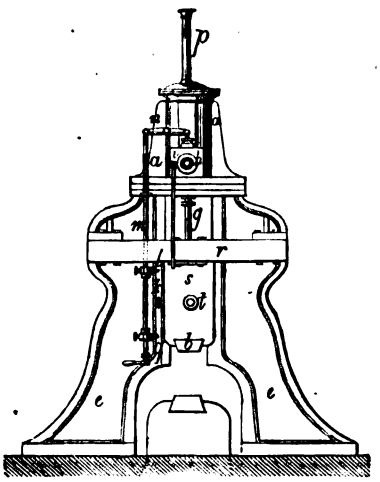
1505.

Digitized by Google

haut, en pratiquant, dans la partie supérieure du cylindre, tout autour de sa périphérie, une rangée de trous *n*, *n*, qui permettent à la vapeur de s'échapper, lorsque le piston atteint accidentellement ce niveau.

La fig. 1506 représente une modification du marteau à vapeur, destinée à servir dans les circonstances où l'on désire une rapide succession de coups, soit faibles, soit forts, et où l'on veut mouvoir mécaniquement l'appareil qui opère l'admission et l'exclusion de la vapeur.

Les dispositions principales sont semblables à celles que nous venons de décrire : on voit en *a a*, le cylindre à vapeur; en *b*, le marteau qui peut être terminé par



1506.

une étampe, une matrice ou un outil tranchant, selon le besoin; en *d*, l'enclume; en *e*, *e*, les montants latéraux qui supportent l'appareil principal; en *f*, le piston; en *g*, la tige de jonction assemblée avec le marteau *b*, par le moyen d'un milieu élastique, comme précédemment.

Ce que ce dernier dispositif a de plus remarquable, ce sont les moyens de rendre la machine capable d'agir mécaniquement et de produire une rapide succession de coups. Lorsque la vapeur est admise dans la boîte à vapeur *h*, par suite de l'ouverture du robinet *i*, le piston s'élève avec le marteau qui est muni d'un mentonnet *k*. Ce mentonnet, en montant, rencontre un arrêt *l*, fixé sur la tringle verticale *m*, qui est liée avec la tige du tiroir par le moyen du fléau *n*, et qui, par conséquent, intercepte la vapeur, la fait passer par la sortie *o*, dans la partie du cylindre située au-dessus du piston, et de là dans l'atmosphère par le tuyau *p*. Le marteau redescend alors, et le mentonnet *k* rencontre un autre arrêt *q*, également fixé sur la tige verticale *m*, et qui fait rentrer la vapeur sous le piston en élevant le tiroir. La répétition de ces effets contraires produit donc une succession de coups dont la rapidité dépend de la position des arrêts *l* et *q*, ainsi que de la pression de la vapeur. Enfin une pièce de charpente *r*, légèrement élastique et garnie de quelques morceaux de cuir superposés *s*, servant de garnitures, contre lesquels viennent frapper deux saillies établies sur la partie supérieure du marteau, et dont le choc produit un mouvement de recul qui augmente l'énergie du recul.

Marteau à pilots. Le principe de la construction du marteau à vapeur a été appliqué avec un succès peut-être encore plus remarquable à l'enfoncement des pilots. La machine se compose d'un bâti en fonte qui se place sur la tête du pilot à enfoncer, et sert à la fois de support au cylindre à vapeur et de guide au mouton; il résulte de cette disposition que tout l'appareil est porté par le pilon lui-même et descend à mesure qu'il s'enfonce. Les tuyaux qui conduisent la vapeur de la chaudière au cylindre sont articulés d'une manière ingénieuse, et permettent à celui-ci de suivre la marche du pilot.

Voici quelques résultats observés à Devonport (Angleterre) :

Il s'agissait, pour le creusement d'un nouveau dock, de construire un bâtardeau de 488^{m} de longueur, composé d'un double rang de pilots de 13^{m},80 à 20^{m} de longueur sur 0^{m},30 à 0^{m},40 d'équarrissage, placés les uns à côté des autres aussi près que possible.

L'appareil porté sur le pilot, y compris le cylindre, le guide et le mouton, pesait 7000^{k}; la plus grande vitesse a été de 70 à 80 coups par minute; la profondeur moyenne d'enfoncement a varié de 9 à 12^{m}. Pour fixer et mettre en place un pilot, il faut 20 minutes; pour l'enfoncer de 9 à 12^{m}, il ne faut que 2 ou 3 minutes.

On enfonce dans une journée de 10 heures jusqu'à 32 pilots; mais le nombre moyen a été de 16 dans le même espace de temps.

Comme on calcule ordinairement qu'il faut une tiraude et un homme à raison de 12 à 14^{k} de poids du mouton, il s'ensuit que pour employer une monture ordinaire du même poids faisant le même effet que le mouton à vapeur, il faudrait 80 hommes.

Il arrive fréquemment qu'un seul coup de mouton enfonce un pilot de 5 à 6^{m}; et un avantage notable que présente l'emploi de cette machine, c'est que les obstacles accidentels qui font si souvent dévier les pilots dans le mode ordinaire de battage ont fort peu d'influence avec le nouveau mouton, parce que sa masse et la rapidité de l'enfoncement ne permettent guère de déviation : aussi parvient-on à faire avec cet appareil de véritables murs en charpente, d'une régularité parfaite.

Enfin la tête des pilots n'est nullement endommagée par le choc qui se fait avec peu de vitesse, et cet effet est si bien constaté qu'on se dispense de fretter la tête des pilots, ainsi que cela est d'usage.

Cette machine a produit, suivant les ingénieurs anglais, une économie de temps qu'on peut évaluer à deux ans et une économie d'argent de 1,250,000 francs.

MASSICOT, protoxyde de plomb. Voyez PLOMB.

MASTIC (*résine*). Cette résine s'extrait par incision du *pistacia lentiscus*, qui croît dans l'île de Chio, et s'obtient sous formes de graines ou larmes jaunâtres, demi-translucides. Celle qu'on recueille sur le tronc forme le *mastic en larmes;* celle qu'on ramasse par terre constitue le mastic commun. Le mastic se ramollit sous la dent, possède une faible saveur aromatique, un peu amère, et une odeur agréable. Aussi s'en servait-on autrefois comme masticatoire pour parfumer l'haleine, ce qui lui a valu le nom qu'il porte. Projeté sur des charbons ardents, il répand une odeur assez forte. Sa densité est de 1,074. Il contient deux résines dont l'une est soluble dans l'alcool aqueux, tandis que l'autre ne s'y dissout pas.

Le mastic entre dans la composition de plusieurs emplâtres, onguents, vernis et poudres fumigatoires.

MASTIC. Voyez CIMENT.

MATRICE. On désigne, sous le nom de matrices, les creux qui servent dans beaucoup de professions pour obtenir des reliefs, soit au moyen de l'estampage, soit au moyen du moulage. Lorsque les pièces qu'il s'agit d'obtenir sont de grandes dimensions, on obtient, en général, la matrice par un moulage; c'est ainsi que s'obtiennent en fonte de fer les matrices de grande dimension qui servent dans l'industrie des cuivres estampés. Mais quand les objets sont très délicats et

Digitized by Google

que les formes doivent en être d'une grande pureté, comme pour la bijouterie, on obtient ces matrices à l'aide de la percussion d'un poinçon d'acier trempé dans la masse d'acier récent qui doit former la matrice. On a plusieurs fois tenté d'obtenir ces matrices sans gravure et, par suite, avec une grande économie. Les procédés employés se réduisent, en général, à mouler en fonte très résistante d'une composition voisine de celle de l'acier fondu le poinçon dont on veut éviter la gravure. Ce poinçon, presque toujours retouché et trempé, est enfoncé dans une matrice fondue aussi d'après le modèle primitif, de telle sorte que les masses sont indiquées et qu'il ne reste plus qu'à aviver les arêtes, action à laquelle suffit le poinçon fondu.

Ce procédé qui, imparfaitement exécuté, est sans avantages à cause des nombreuses retouches qui deviennent nécessaires, ne donne, entre des mains inhabiles, que des résultats fort inférieurs à ceux de la gravure; mais quelques travailleurs intelligents, qui ont parfaitement saisi tous les tours de main et les conditions de succès des opérations successives, en obtiennent des résultats vraiment remarquables. On a admiré, à l'exposition de 1844, les produits d'un exposant qui montrait des matrices d'acier correspondantes à tout sujet en cire, en plâtre, d'une pureté vraiment admirable et à des prix tout à fait insignifiants. Nous ne doutons pas que les procédés qu'il emploie ne se rapprochent beaucoup de ceux indiqués ci-dessus.

MATTE (*angl.* matt, *all.* stein). Lorsque l'on fond des minerais sulfurés crus ou incomplétement grillés, on obtient des scories qui renferment la totalité des matières pierreuses ou terreuses contenues dans le minerai, et une *matte* (sulfure multiple) où se concentrent les matières métalliques. Voyez ARGENT, CUIVRE et PLOMB.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES. Dans notre désir de rendre le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* aussi complet qu'il dépendait de nous, nous nous sommes efforcés de résumer les principes de la mécanique appliquée aux machines; mais il nous a été impossible de nous écarter de l'admirable résumé qui fait la première section du cours de machines professé par M. Poncelet, à l'Ecole de Metz, qui nous servait de guide, à moins de faire sciemment quelque chose de fort inférieur. Si ces cahiers eussent été imprimés, nous nous serions contentés d'y renvoyer nos lecteurs; mais comme ils ont seulement été lithographiés, en 1832, à un petit nombre d'exemplaires, nous avons pris la liberté d'en extraire la majeure partie de ce qui suit, la partie absolument nécessaire pour bien faire apprécier en quoi consiste le calcul de l'effet des machines. Pour compléter ces quelques pages, nous renverrons le lecteur à l'ouvrage de M. Poncelet (*Introduction à la Mécanique industrielle*), et surtout à son cours complet, dont la publication est si impatiemment attendue par tous ceux qui savent apprécier l'immense influence que doit avoir cette publication sur les progrès de l'industrie nationale.

Notions et principes sur lesquels se fonde la science des moteurs et des machines.

1. Les machines, considérées sous le point de vue industriel, ont pour objet l'exécution de certains travaux des arts, à l'aide des *moteurs* ou *forces motrices* que présente la nature; tels que les *animaux*, le *vent*, l'*eau*, le *calorique*.

2. La force ou *puissance productive* des machines et des moteurs, c'est-à-dire leur *pouvoir*, leurs *effets*, s'évaluent, dans les arts, par la quantité de travail, d'une espèce déterminée, qu'ils peuvent produire dans un temps donné. Leur valeur absolue dépend d'autres éléments, qui ne sont pas du ressort de la mécanique et dont il faut néanmoins tenir compte dans la pratique, tels sont le prix du travail, l'entretien, la mise de fonds, la durée, etc.

3. Si le genre du travail était toujours le même, il serait facile d'apprécier, d'après l'expérience, la valeur mécanique des moteurs et des machines, puisqu'elle aurait pour mesure la quantité de matière confectionnée dans un temps donné; or, il n'en est pas ainsi: les travaux des moteurs et des machines sont infiniment variés, et, pour pouvoir les comparer entre eux, les mécaniciens ont dû adopter une unité d'espèce particulière, une sorte de *monnaie mécanique*, comme l'a dit M. Navier, qui pût servir aisément de mesure à tous les genres de travaux, et ne laissât absolument rien d'arbitraire dans leur évaluation en nombres.

4. C'est d'après ces considérations et plusieurs autres, que nous ferons connaître, qu'on a choisi, pour cette unité, l'effet qui consiste dans l'élévation verticale des corps pesants. Rien de plus facile, d'ailleurs, que d'évaluer en nombres le travail dont il s'agit: car, si l'on prend pour unité de travail, celui qui consiste à élever l'unité de poids à l'unité de hauteur, il paraîtra évident qu'élever à une hauteur quelconque H un poids donné P, c'est répéter autant de fois l'effet partiel qui répond à l'unité de travail, qu'il y a d'unités de longueur dans H et d'unités de poids dans P; le produit P H est donc la mesure naturelle de l'effet ou du travail *utile* total de la force motrice, qui, par son activité, a élevé le poids P à la hauteur H; peu importe, au surplus, la manière dont aient varié l'effort et la vitesse propre de l'agent en intensité ou en direction: car l'effet dont il s'agit ne suppose en lui-même autre chose qu'un effort vertical constant, mesuré par P, et dont le point d'application décrit un certain chemin H dans sa direction propre.

Cette notion et cette mesure du travail mécanique cadrent d'ailleurs avec la manière dont se payent, dans les arts, tous les travaux qui se rapportent à l'élévation verticale des fardeaux; par exemple, quand il s'agit de tirer de l'eau du fond d'un puits, d'élever des terres, des matériaux quelconques à certaines hauteurs. En effet, le prix est toujours réglé proportionnellement au nombre des *mètres cubes* de chaque espèce de matière, dont le poids, et par conséquent la valeur vénale, doivent augmenter avec la densité.

5. C'est ici le lieu de remarquer que nous n'entendrons désormais par le mot *force*, que la *pression*, l'effort simple dont est capable un agent quelconque, dans une direction et un point déterminés, pression et effort qui sont toujours comparables et peuvent se mesurer par des poids, à l'aide d'instruments à ressort, tels que le *dynamomètre* de Regnier, certains pesons du commerce, etc., qui ont été tarés ou vérifiés à l'avance, en y suspendant des poids *étalons*. On conçoit, en effet, que le même degré de flexion de ces ressorts, en supposant leur élasticité parfaite et indépendante du temps ou de la fatigue (ce qui n'est pas et exige de fréquentes vérifications) indique constamment le même effort absolu, la même pression, pourvu que cet effort, cette pression s'exerce au même point et dans la même direction. Ainsi, pour nous, les forces seront toujours exprimables en unités de poids, en *kilogrammes*, par exemple, et nous n'en reconnaîtrons pas d'autres; mais, comme c'est un fait d'expérience que l'intensité de la pesanteur varie selon la position des lieux, il faut bien sous-entendre que cette unité de poids se rapporte à un lieu déterminé, ou aux différents lieux pour lesquels l'intensité absolue de la gravité reste constante, ce qui est sensiblement vrai pour l'étendue entière d'un pays tel que la France.

6. Lorsque l'action des moteurs et des machines est longtemps continuée d'une manière uniforme, les nombres, qui servent à évaluer le travail, peuvent devenir embarrassants par leur longueur, et alors on

Digitized by Google

convient de ne prendre pour sa mesure que celui qui se rapporte à l'unité de temps, par exemple, à la seconde, à la minute, etc. C'est ainsi que les mécaniciens ont été conduits à introduire dans la notion du travail servant d'unité, l'idée de la durée, qui y est totalement étrangère et ne peut s'appliquer avec exactitude qu'aux travaux où la même quantité d'action est développée régulièrement dans chaque unité de temps, encore ne faut-il pas perdre de vue la durée totale et effective du travail, et tenir compte, par conséquent, de ses intermittences plus ou moins fréquentes, etc.

Les fabricants de machines à vapeur, entre autres, ont généralement adopté une unité d'action de cette espèce, nommée improprement par eux *force de cheval*, d'après l'expression anglaise *horse-power*, qu'il serait plus exact de traduire par celle de *pouvoir de cheval* ou de *cheval dynamique*, attendu que le mot *force* a un sens bien déterminé (5) en mécanique, et qui ne cadre nullement avec l'idée qu'on attache à la quantité d'action ou de travail. Quoi qu'il en soit, l'expression de *force de cheval* ayant généralement prévalu, nous devons dire que celle qui est le plus universellement accréditée de nos jours représente une quantité de travail de 75^{km} développé en chaque seconde, et se rapporte plus particulièrement à l'unité, dite *routinière*, adoptée en Angleterre d'après Watt et Boulton.

7. Voyons maintenant comment on peut généralement évaluer le travail mécanique des forces quelconques, et ramener l'expression de sa mesure aux mêmes unités que celle qui se rapporte à l'élévation du fardeau, suivant la verticale.

En y réfléchissant un peu, on voit, qu'exécuter un travail mécanique quelconque, c'est vaincre, d'une manière utile pour le besoin des arts, des résistances telles que la force d'adhésion des molécules des corps, la force du calorique et des ressorts, la force de la pesanteur, la résistance des fluides, les frottements et quelquefois l'inertie de la matière, comme lorsqu'il s'agit de lancer des projectiles, de mettre en action des marteaux, des pilons, etc.; les exemples de toute espèce ne sauraient ici manquer. Mais, pour vaincre et détruire successivement des résistances continuellement renouvelées le long d'un certain chemin, il faut un effort de traction ou de pression agissant au point d'application de cette résistance, et qui se renouvelle en se déplaçant lui-même constamment. Or, il peut arriver, ou que l'effort soit dirigé à chaque instant dans le sens du chemin décrit par son point d'application, ou que cet effet varie d'une manière quelconque, en grandeur et en direction, sans cesser néanmoins de faire constamment équilibre à la résistance que lui oppose directement son point d'application, en vertu du principe de l'action égale et contraire à la réaction.

Considérons d'abord le premier cas, et supposons que l'effort et par suite la résistance, conservent une valeur constante à tous les instants, ou pour chacun des éléments de chemin parcouru, on pourra évidemment appliquer à cet effort le même raisonnement que pour le cas où il s'agissait (4) d'élever directement un poids à une certaine hauteur, sans lui faire quitter la même verticale; la quantité d'action qu'il développera dans une longueur de chemin donnée sera donc ici encore directement proportionnelle, et à l'intensité constante de cet effort et au nombre de fois qu'il a été répété, ou au nombre des résistances partielles et égales qui ont été vaincues, c'est-à-dire au produit de cet effort, exprimé en unités de poids (5), par la longueur effective du chemin parcouru dans sa direction propre, estimé en unités de distances. Q étant donc le nombre des kilogrammes qui mesurent l'effort, q celui des mètres qui mesurent la longueur du chemin, la valeur du travail pourra encore être exprimée par le produit :

$$Q^k \times q^m \text{ ou } Q q^{km},$$

en faisant attention qu'ici l'unité de travail 1^{km} se rapporte à un effort constant de 1^k, qui se répète le long d'un chemin de 1^m dirigé d'une manière quelconque.

Si d'ailleurs on veut se rendre compte dès à présent comment cette unité a, sous le point de vue purement mécanique, la même valeur que l'unité analogue relative à l'élévation des fardeaux, suivant la verticale, il suffira de considérer que les machines offrent en général les moyens de transformer un travail industriel quelconque en un autre, et qu'elles opéreraient même cette transformation sans aucune perte, si on pouvait y éviter complétement les résistances étrangères qui absorbent toujours une portion plus ou moins grande du travail moteur; mais c'est ce qui sera démontré directement et généralement un peu plus loin, quand nous aurons établi quelques autres données ou principes indispensables.

8. Les raisonnements qui précèdent supposent que l'effort exercé demeure constant et toujours dirigé dans le sens du chemin parcouru par son point d'application; s'il était variable, il faudrait alors considérer ce qui se passe dans chaque élément du temps, où l'effort peut être supposé conserver sensiblement la même valeur. Q étant cette valeur, mesurée en kilogrammes, à l'instant où son point d'application a décrit le chemin total q dans sa direction propre, $Q\,dq$ sera évidemment la quantité de travail élémentaire développée par Q le long de dq et

$$\int Q\,dq,$$

pris entre deux positions quelconques du point d'application de la force, exprimera la quantité de travail totale développée dans l'étendue de chemin comprise entre ces mêmes positions; quantité qu'on pourra calculer analytiquement, toutes les fois qu'on aura Q en fonction de q, et dans tous les cas, par approximation, au moyen du théorème de Thomas Simpson, si l'on connaît seulement, par expérience ou autrement, chacune des valeurs de Q, qui répondent aux différentes valeurs de q (1).

Nommons X l'effort moyen constant que devrait exercer une autre force, dirigée dans le sens de dq., pour produire la même quantité de travail; q' et q'', les valeurs de q relatives à la première et à la dernière des positions du point d'application de X et de Q, de sorte que $q''-q'$ soit la longueur de chemin qui a été parcourue; il est évident qu'on aura pour déterminer X la relation

$$X(q''-q') = \int_{q'}^{q''} Q\,dq \text{ d'où } X = \frac{\int_{q'}^{q''} Q\,dq}{q''-q'}$$

La considération de cette valeur moyenne nous sera utile dans plusieurs circonstances.

Enfin la force Q pourrait varier à chaque instant de direction, par rapport à l'élément de chemin ds décrit par son point d'application, α étant l'angle variable formé par ces directions, on concevra cette force décomposée en deux autres, l'une $Q\cos\alpha$ agissant suivant le prolongement de ds, l'autre $Q\sin\alpha$ agissant normalement à la courbe décrite par le point d'application de Q. Celle-ci sera évidemment détruite par la résistance ou l'obstacle, quel qu'il soit, qui oblige le point d'application dont il s'agit à demeurer sur ds; de plus l'élé-

(1) Voyez *Introduction à la mécanique industrielle* par M. Poncelet. Dans cet ouvrage les formules de calcul différentiel et integral sont entièrement remplacées par des considerations de surface. Nous dirons seulement, pour l'intelligence de ces formules, que dx représente un accroissement infiniment petit de la quantité x, et $\int dx$, la somme d'un nombre infini de ces quantités donnant par conséquent une valeur finie x.

Digitized by Google

ment de chemin décrit dans sa direction propre étant nul, il en est de même de sa quantité de travail, dont on pourra ainsi faire abstraction ; mais comme elle tend à produire des compressions qui, dans les systèmes matériels, tels que les machines, font naître des résistances tangentielles, étrangères aux forces *actives* de ces systèmes, et que, pour cette raison, on nomme *nuisibles* ou *passives*, il sera bon de ne pas négliger le travail dû à ces nouvelles résistances dans l'évaluation générale des effets mécaniques de pareils systèmes. Quant à la quantité de travail produite par l'autre composante $Q \cos \alpha$ elle aura évidemment pour valeur, d'après ce qui précède, l'intégrale générale

$$\int Q \cos \alpha \, ds \text{ ou } \int Q \, dq ;$$

qu'il faudra prendre entre des limites convenables, en observant que nous supposons ici $dq = ds \cos \alpha$, c'est-à-dire égal à la projection de l'élément de chemin ds sur la direction de la force Q : or, il est très digne de remarque que la quantité d'action ou de travail élémentaire, $Q\,dq = Q \cos \alpha \, ds$, n'est autre chose que ce qu'en mécanique rationelle on nomme le *moment virtuel* de la force Q, pour le mouvement infiniment petit attribué à son point d'application ; de plus on voit qu'elle est la même que celle que l'on obtiendrait directement, en raisonnant, comme on l'a fait pour le premier cas ci-dessus, et considérant que l'espace élémentaire dq décrit par ce point dans le sens de la force, est réellement $ds \cos \alpha$.

De cette identité de nature entre les moments virtuels et les quantités de travail élémentaires ou instantanées des forces, pour le cas où le mouvement virtuel considéré est précisément le mouvement actuel et infiniment petit du point d'application de ces forces, on conclut de suite diverses conséquences relatives aux lois que suit, en général, la transmission du travail dans les systèmes matériels soumis à des puissances et à des résistances quelconques, et qui sont d'une application immédiate à la science des moteurs et des machines. Mais, pour bien faire saisir cette application, il est nécessaire de rappeler succinctement les notions élémentaires sur lesquelles elle repose et qui ont servi à en établir le principe.

10. On sait que deux forces, appliquées tour à tour à un même corps qui cède librement à leur action, en se mouvant parallèlement à lui-même, dans le sens de cette action, lui impriment, dans le même élément de temps dt des vitesses infiniment petites, proportionnelles à leur intensité respective et indépendante du mouvement précédemment acquis. Ainsi p étant le poids absolu d'un certain corps ou point matériel, dans un lieu pour le quel la gravité lui imprime la vitesse $g = 9^m,8088$, au bout de la première seconde de sa chute, ou gdt dans chaque élément dt du temps, puisqu'il s'agit ici d'une force accélératrice sensiblement constante, et q étant une autre force motrice quelconque, capable d'imprimer au même corps et dans l'élément du temps dt l'accroissement de vitesse dv, on aura, d'après la loi énoncée :

$$Q : p :: dv : g\,dt, \text{ d'où } Q = \frac{p}{g}\frac{dv}{dt}$$

Soit pareillement p' le poids absolu de ce corps dans un autre lieu quelconque, pour lequel la vitesse imprimée au bout de la première seconde serait g' ; on aurait également

$$\alpha = \frac{p'}{g'}\frac{dv}{dt}, \text{ d'où } \frac{p'}{g'} = \frac{p}{g} = \text{constante} = m ;$$

ce qui est évident *à priori*, puisqu'en vertu de la même loi on a :

$$p : p' :: g\,dt : g'dt.$$

Or, le rapport m qui demeure indépendant de l'intensité de la gravité en chaque lieu, est précisément ce qu'on est convenu de nommer *la masse* du corps ; définition qu'il faut admettre, sans s'embarrasser des idées physiques ou métaphysiques qu'on y attache quelquefois, en sorte qu'on a aussi par simple convention

$$p = mg.$$

Du reste, comme le rapport m ne change ni avec le volume, ni avec la forme, ni avec le poids absolu, d'un corps, il arrive souvent que sous le point de vue mécanique, on désigne simplement les corps par leurs masses. La première des équations ci-dessus nous donne en conséquence, v' étant la vitesse du corps à l'instant où l'action de la force commence et v celle qui correspond à un temps quelconque écoulé depuis cet instant,

$$\varphi = m\frac{dv}{dt} ; \varphi\,dt = m dv ; \int \varphi\,dt = m(v - v') ;$$

en supposant toujours que la force φ entraîne le corps p dans le sens de sa propre direction ; qui est censée invariable, comme pour la gravité. Or les produits mv, mv', qui correspondent aux vitesses v et v' possédées par le corps à la fin et au commencement de l'intervalle de temps où l'on considère l'action de la force, sont précisément ce qu'on est convenu de nommer les *quantités de mouvement* de ce même corps, relatives aux instants dont il s'agit, expression à laquelle il ne faut également attacher aucune idée métaphysique, et qui n'a pour objet, comme la précédente, que de faciliter l'énoncé des théorèmes de mécanique, où les quantités

telles que $mv = \frac{p}{g}v$ se reproduisent fréquemment.

D'ailleurs, on voit que la quantité de mouvement répondant à une intégrale de la forme $\int \varphi\,dt$, prise entre des limites déterminées, a une signification très distincte de celle qui se rapporte à la quantité d'action ou de travail, de sorte qu'il n'est pas permis de les confondre avec ces dernières dans les applications.

11. En effet nommant toujours dans les hypothèses ci-dessus, de l'élément de chemin décrit par le point d'application de la force φ, pendant dt, $\varphi\,de$ sera la quantité de travail élémentaire qu'elle aura développée dans le même temps, de sorte qu'on aura entre les mêmes limites de vitesses v' et v, et attendu que $\frac{de}{dt} = v$;

$$\int \varphi\,de = \int m\frac{dv}{dt}de = \int mv\,dv = \frac{1}{2}(mv^2 - mv'^2).$$

pour l'expression de la quantité de travail imprimé depuis la position où le corps possédait la vitesse v', jusqu'à celle où il a acquis la vitesse v et qui d'ailleurs sera, comme on voit, positive ou négative selon que v sera plus grand ou plus petit que v', ou selon que la force φ tendra à accélérer ou à retarder constamment le mouvement primitivement acquis par le corps ; l'accroissement instantané dv de la vitesse prenant, dans ce dernier cas, un signe contraire à v.

Les quantités mv^2, mv'^2, sont ce que les géomètres sont convenus de nommer *une force vive*, expression impropre, puisque nous n'admettons point d'autres forces que celles de pression comparables à des poids, et à laquelle il ne faut encore attacher aucune idée métaphysique, mais qu'on doit considérer comme une définition abrégée du produit de la masse $\frac{p}{g}$ d'un corps actuellement en mouvement par le carré de sa vitesse effective. Par ce moyen on évitera d'ailleurs de confondre entre elles la force vive et la quantité de travail qui se rapportent à des phénomènes et à des effets physiques distincts, quoique numériquement parlant elles soient du même ordre et aient une mesure commune. En effet, l'équation ci-dessus exprime, quand on y suppose $v' = 0$, ce qui répond au cas où le mouvement commence avec l'action de la force, que la *force vive acquise par le*

Digitized by Google

corps est égale au double de la quantité de travail totale qui lui a été imprimée par cette force.

L'équation ci-dessus qui indique l'égalité du travail produit par la force appliquée, et l'effet produit sur la masse du corps (cette résistance de la matière à prendre le mouvement s'appelle force d'inertie) forme toute la base du calcul de l'effet des machines, qui ne consiste que dans l'interprétation de cette formule dans chaque cas particulier. C'est le fameux principe des forces vives.

Appelant :

v', la vitesse de la masse m au premier instant, ou pour la première position où l'on considère le système.

v, ce que devient cette vitesse en un autre instant, désignant par $\Sigma\, Qdq$ la quantité de travail développé par la force Q pendant le même intervalle, l'équation deviendra :

$$\Sigma\, Qdq = \frac{1}{2}\,\Sigma\,(Mv'^2 = Mv^2)$$

C'est-à-dire que « entre deux positions du système, l'accroissement de la somme des forces vives des différentes masses est égal au double de la somme des quantités du travail, positives ou négatives, imprimées dans le même intervalle par toutes les forces (distinctes de l'inertie) qui ont agi sur le système. »

Cette équation permettra donc par suite d'évaluer le travail des forces par le calcul des vitesses et des masses.

On l'emploie le plus souvent sous la forme suivante, dans laquelle on indique les diverses natures de forces qui sont toujours en action dans une machine.

$$Mv^2 - Mv'^2 = 2\,(Ff - Rv - Qq \pm PH)$$

F, représentant les forces actives du système, nécessairement positives ; f, le chemin qu'elles parcourent.

R, les resistances (nécessairement négatives).

Q, les résistances utiles de la machine ; le travail qu'elle doit produire.

P, le poids successivement utile ou nuisible des pièces dans le mouvement alternatif de la machine.

Cette seule équation montre que le travail utile produit ne saurait jamais être égal à celui communiqué à la machine, et qu'il s'en approchera surtout d'autant plus que les résistances seront moindres.

De l'établissement des machines industrielles.

La question du meilleur établissement des machines n'est pas susceptible d'une solution générale rigoureuse ; on est obligé de la décomposer. Les conditions essentielles d'un pareil établissement consistent à rendre un *maximum*, l'effet utile de la quantité d'ouvrage confectionné, et un *minimum*, la dépense en travail moteur et en argent ; de sorte que l'unité d'ouvrage de chaque espèce soit fournie au moindre prix possible. Pour traiter cette question dans toute sa généralité, il faudrait être à même de faire varier à la fois toutes les données dont elle dépend, dans les relations qui lient l'effet utile à l'effet dépensé ; mais, en faisant même abstraction du prix, en argent, qui change suivant les temps et les localités, on ne peut aborder ainsi la question de l'établissement des machines. On se contente de la décomposer en plusieurs autres distinctes pour les traiter à part : ainsi l'on étudie successivement l'action des moteurs sur les récepteurs; des outils, ou opérateurs, sur la matière à confectionner, à déplacer, etc.; puis, l'on en vient aux pièces matérielles qui servent simplement à communiquer le mouvement.

L'expérience et le calcul ont appris que ces dernières pièces exercent, en général, peu d'influence sur la quantité d'action transmise par elles, dans toutes les machines qui sont bien construites et où elles ne sont pas trop multipliées ; en un mot, la quantité de travail absorbée par les résistances passives inhérentes à ces pièces, est ordinairement une fraction assez faible de celle qu'elles reçoivent du récepteur. Il n'en est pas ainsi des pertes de travail qui ont lieu sur le récepteur et sur l'outil ; elles forment, comme nous le verrons, presque toujours une fraction considérable de la valeur absolue et mécanique du moteur. C'est pourquoi, dans la question de l'établissement d'une machine, ce qui importe le plus c'est le choix de ces deux pièces extrêmes ; et, comme le genre du travail est toujours déterminé, on procède toujours par le choix de l'opérateur.

L'opérateur et le récepteur doivent être considérés comme de véritables machines soumises à une puissance et à des résistances. Ainsi, en mettant de côté le prix même de ces agents, qui doit rarement être pris en considération, attendu qu'il est toujours une assez petite fraction de celui du travail moteur considéré pendant un temps suffisamment long, on pourra, à l'avance, fixer les conditions essentielles de leur établissement, et motiver, à défaut d'expériences décrites, le choix qu'on doit en faire, les préférences qu'on doit accorder aux uns sur les autres. Par exemple, le meilleur opérateur et le meilleur récepteur sont ceux où la puissance et la résistance agissent d'une manière continue, uniforme, sans secousses et sans choc, ce qui convient principalement aux pièces à mouvement de rotation uniforme autour d'un axe fixe : il faut, en outre, pour le récepteur, que toute la quantité de travail dont est capable la puissance dans un temps donné, soit complétement absorbée, et, pour l'opérateur, que le déchet de la matière soit le moindre possible, que le produit ait le degré de perfection désirable, etc.

Si l'opérateur et le récepteur n'étaient soumis à aucune résistance passive, il résulterait des conditions précédentes qu'ils utiliseraient, de la manière la plus convenable, toute la quantité d'action dépensée par la force motrice qui leur est appliquée, ou qu'ils produiraient le *maximum d'effet absolu*. Mais il n'en est jamais ainsi dans la pratique ; fort souvent même, on se voit obligé de renoncer aux conditions de l'uniformité du mouvement, etc. ; d'où il suit que, ne pouvant faire produire à l'opérateur et au récepteur le *maximum* d'effet absolu, on se borne à rendre son travail utile un *maximum relatif*. Il faut, en effet, se rappeler que, quelle que soit la constitution d'un pareil agent, ses dimensions, sa forme, sa vitesse, exercent une influence notable sur le travail transmis ; de sorte que, dans chaque cas, on a à faire la recherche des combinaisons qui offrent le plus d'avantages réunis. L'expérience et le calcul ont déjà conduit à quelques résultats précieux, relativement aux divers récepteurs, mais il reste encore beaucoup à faire pour les outils et opérateurs.

Ainsi la pression F d'une force (de l'eau sortant d'un déversoir par exemple) est en général susceptible de varier avec la vitesse propre de la partie qu'elle rencontre ; de telle sorte qu'étant nulle pour une vitesse, de son point d'application, égale à la plus grande vitesse V que puisse prendre librement le moteur, elle est au contraire la plus grande possible quand le récepteur est immobile ou que $v = 0$.

Si l'on connaissait pour chaque moteur, chaque récepteur et chaque outil, les conditions du meilleur effet et le rapport de la quantité de travail transmise à la quantité de travail absolue, en combinant ces données avec celles qui sont étrangères à la mécanique, on serait en état de choisir le récepteur et l'opérateur, qui, dans chaque cas particulier et pour chaque localité, sont le plus avantageux possible, et l'établissement des machines ne souffrirait plus des lors de grandes difficultés ; car la vitesse, la forme et les dimensions relatives que doivent recevoir cette première et cette dernière pièce étant réglées, le choix des pièces intermédiaires, leurs rapports de grandeur, de position et de mouvement, seraient presque entièrement exempts d'arbitraire, puisqu'on aurait pour se diriger les préceptes

Digitized by Google

généraux qui précèdent, et les tableaux des diverses transformations de mouvement.

Il resterait ensuite à régulariser l'action du moteur et de la résistance utile, c'est-à-dire à en proportionner les effets ou le travail, de manière à assurer la permanence du mouvement et son uniformité, s'il est possible.

Il faut supposer que la quantité de matière à confectionner, ou d'ouvrage quelconque à produire dans un temps donné, soit connue, ainsi que le nombre des révolutions de la machine, et qu'il s'agisse de régler, en conséquence, la marche des opérations et le travail du moteur. La condition la plus essentielle à remplir, c'est de disposer les choses de façon que des quantités égales de matière soient présentées à l'action de l'outil ou de l'opérateur, sinon à chaque instant et d'une manière continue, ce qui ne convient qu'aux outils de rotation, du moins à chacune de ses diverses révolutions, de sorte qu'il y ait le moins d'intervalle possible entre les chargements et le moins de temps perdu. Il en résultera, en effet, que, si l'on applique à l'opérateur une puissance capable de vaincre toutes les résistances qui y sont attachées, elle devra développer des quantités de travail égales, sinon à chaque instant, du moins à chaque révolution, de sorte que les variations de la vitesse demeureront elles-mêmes comprises entre des limites réservées et fixes.

Ces conditions sont ordinairement remplies dans toutes les bonnes machines, soit par les agents préposés à la surveillance et à la direction du travail, soit au moyen de dispositions particulières inhérentes à l'opérateur lui-même, et qui font varier la quantité de matière qui lui est soumise proportionnellement à la vitesse ou à l'énergie du moteur : le *babillard* des moulins à farine, le *pied de biche* des scieries à bois, etc., sont de véritables régulateurs de ce genre.

11. Il arrive pourtant quelquefois qu'on ne peut ainsi régulariser l'action de l'opérateur, soit parce que les rechargements de matière occasionnent des interruptions plus ou moins fréquentes, plus ou moins longues, soit parce que la résistance opposée par cette matière elle-même n'est pas constante; mais alors, il faut au moins chercher à renfermer les inégalités dans des limites suffisamment étroites, et de façon que les quantités de travail à dépenser, dans chaque unité de temps, ne s'écartent jamais par trop de la valeur moyenne déduite d'un certain nombre de révolutions de l'opérateur.

Dans tous les cas où il résulterait de cette inégalité d'action des inconvénients graves pour la machine, on a recours à l'emploi d'un volant, qu'on place le plus près possible de l'opérateur, et qui, par son inertie, sert à maintenir l'uniformité du mouvement de l'axe auquel il est appliqué, pourvu que la puissance, qui agit tangentiellement par hypothèse à la circonférence de la roue motrice montée sur cet axe, développe contre elle, et dans chaque unité de temps, des quantités de travail égales à la moyenne dont il vient d'être parlé ci-dessus, moyenne qui doit être censée donnée par le calcul ou l'expérience, ainsi que la vitesse, sensiblement constante, du point d'application de la force motrice. Divisant donc cette quantité de travail par cette vitesse, c'est-à-dire par le chemin qui décrit uniformément le point dont il s'agit, on aura ainsi la valeur moyenne de l'effort que doit exercer la puissance pour vaincre toutes les résistances qui lui sont opposées, valeur qui généralement s'écartera peu de la véritable, et qu'on pourra, sans erreur sensible, lui substituer dans tous les calculs relatifs à l'appréciation des effets de la machine.

Maintenant, si l'on considère les unes après les autres les différentes pièces interposées entre le récepteur et l'opérateur, pièces qui par hypothèse sont toutes douées d'un mouvement de rotation sensiblement uniforme, et où l'influence de l'inertie peut être négligée, de sorte que les puissances et les résistances y sont constamment en équilibre; si l'on considère, dis-je, les unes après les autres ces pièces ou machines simples, il deviendra facile de calculer de proche en proche, les intensités moyennes des forces dont il s'agit, et, par suite, la quantité de travail qui devra être livrée au récepteur dans chaque révolution ou chaque unité de temps, pour vaincre à la fois toutes les résistances réunies, et en supposant qu'on ait assuré convenablement la constance de son mouvement au moyen d'un nouveau volant, si cela est nécessaire.

Ainsi finalement, puisque la théorie des récepteurs et des moteurs est censée faite, on pourra déterminer, à son tour, la quantité de travail absolue que devra dépenser ce dernier dans l'unité de temps, ou dans chaque révolution de la machine, et il ne s'agira plus que de régler, en conséquence, son intensité d'action, ce qui se fera par des moyens analogues à ceux qui servent à régler le travail même de l'opérateur; par exemple, en levant convenablement la *vanne* qui donne l'eau à la roue hydraulique, le *robinet* qui fournit la vapeur aux cylindres des machines à feu, etc. Ces opérations sont encore ici exécutées par les hommes chargés du soin de la machine, et quelquefois on emploie des dispositions particulières pour que l'intensité de la force motrice suive naturellement les variations de la résistance, et maintienne la constance du mouvement : tel est plus particulièrement le *pendule conique* ou *régulateur à force centrifuge*.

12. On voit par cette discussion que, lorsque la quantité de travail à appliquer à l'outil est donnée, on peut déterminer la force absolue qui convient au moteur et la régler convenablement; mais cette recherche n'est utile que pour le projet même d'établissement de la machine; car, quand il s'agit de la faire marcher, et qu'elle est toute construite, on peut, par un tâtonnement facile, régler son travail et sa vitesse, en faisant varier la résistance utile ou l'intensité de la force motrice par les moyens indiqués. D'ailleurs si, à l'inverse, la quantité de travail absolue que peut fournir le moteur dans l'unité de temps était donnée, on s'y prendrait d'une manière absolument analogue pour déterminer, de proche en proche, la quantité de matière que peut et doit confectionner l'outil.

13. La solution du problème de l'établissement des machines que nous venons d'esquisser à la hâte n'est, comme on voit, qu'approchée; mais elle serait impossible par toute autre voie, attendu la multitude des indéterminées dont elle dépend, et elle est suffisamment exacte pour la pratique, où l'on ne saurait jamais prétendre à la rigueur mathématique, et où approcher, même d'une manière grossière, par exemple, à 1/5 ou à 1/4 près, du résultat le plus avantageux, c'est avoir atteint un degré de perfection aussi précieux qu'il est rare. Il n'arrive malheureusement que trop souvent, en effet, que l'ignorance des constructeurs de machines, si elle ne leur fait pas tout à fait manquer le but, les en éloigne de telle façon, que l'effet utile obtenu n'est pas le 1/5 et quelquefois même le 1/10 de celui qu'on aurait pu espérer d'une meilleure disposition. Au surplus, si nous insistons sur ce sujet, c'est pour faire sentir la difficulté et l'inutilité, quant à présent, d'une solution rigoureuse du problème des machines; c'est pour éviter l'idée de tentatives qui souvent seraient sans succès, et pour faire apprécier, d'une autre part, le mérite réel des connaissances basées sur les données certaines de la mécanique et de l'expérience; c'est enfin pour mettre à même d'entrevoir, à l'avance, la nature des ressources qu'il est permis d'espérer de chacune d'elles dans les divers cas.

14. On voit aussi, par tout ce qui a été dit jusqu'à présent des machines, qu'il ne peut être question de

Digitized by Google

leur faire produire les effets merveilleux qu'en attendent parfois des artistes peu instruits des lois de la mécanique et dominés par leur imagination. Soumises, comme elles le sont, d'après leur constitution nécessaire, à une foule de résistances passives, elles ne peuvent que transmettre, avec perte, le travail qu'on leur confie, et cela à tel point qu'on estime comme excellentes, sous ce rapport, celles qui rendent, en effet utile, les 0,50 ou les 0,60 de la quantité d'action absolue dépensée par le moteur. Il en existe effectivement, ainsi que nous l'avons déjà observé ci-dessus, un grand nombre qui, grâce à la multiplicité ridicule et à la fausse combinaison de leurs rouages, rendent à peine le 1/10 ou même le 1/20 de cette quantité d'action.

L'avantage des machines consiste essentiellement dans la propriété, bien autrement précieuse que celle de multiplier simplement la puissance du moteur, de modifier cette puissance selon les différents besoins des arts, et suivant des lois telles qu'elle devienne applicable à un genre de travail auquel elle ne pouvait l'être dans son état primitif. C'est ainsi que, par leur secours, on est parvenu à remplacer l'adresse et l'intelligence de l'homme par la force purement physique des animaux et autres agents naturels qui, étant beaucoup moins chère, fournit l'unité de travail à un prix moins élevé. Souvent même l'usage des machines et des outils procure des produits plus beaux, plus parfaits, parce qu'ils sont plus précis dans leur forme et plus réguliers. C'est encore ainsi qu'on parvient à obtenir des moteurs qu'ils impriment aux corps des vitesses plus grandes que celles qu'ils possèdent ou peuvent prendre par eux-mêmes, et qu'ils soulèvent des fardeaux dont le poids excède l'effort absolu dont ils sont capables; circonstances qui tiennent simplement à ce que la masse des corps, dans le premier cas, et leur vitesse, dans le second, sont fort petites, de sorte que les forces vives ou les quantités de travail correspondantes ont en elles-mêmes des valeurs assez faibles, et qui sont en rapport avec les quantités de travail développées par les moteurs. Enfin, l'emploi d'une machine peut servir quelquefois aussi à augmenter l'effet utile dont serait capable le moteur, s'il agissait immédiatement sur la résistance; ce qui ne contrarie en rien ce qu'on vient de dire, attendu que l'augmentation de l'effet résulte uniquement alors d'un emploi plus avantageux de la force absolue du moteur.

Tels sont donc les services réels que les machines peuvent rendre à la société et aux arts en général; mais, pour leur faire atteindre ce but important, il est indispensable, comme on l'a vu, de résoudre une foule de questions, même sous le point de vue purement mécanique, dont les unes sont relatives au travail des moteurs, les autres à la manière d'agir des outils des divers opérateurs, les autres enfin à l'évaluation des résistances passives, qui accompagnent nécessairement les pièces destinées à transmettre l'action et le mouvement.

MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE. Notre célèbre Ampère, dans son Essai sur la philosophie des sciences, a clairement indiqué la lacune que laissait dans l'édifice des sciences appliquées celle que nous appelons Mécanique géométrique et à laquelle il donna le nom de *cinématique* (du grec κινημα, mouvement). Dans cette science, les mouvements sont envisagés en eux-mêmes et du point de vue géométrique, indépendamment de la considération des forces qui doivent produire ces mouvements.

Tous les traités de mécanique industrielle parus jusqu'ici traitent de la mécanique dynamique, et surtout des moyens de communiquer le plus utilement possible à un récepteur la force vive engendrée par les agents physiques. Cette étude, la première et la plus indispensable de toutes, est néanmoins bien insuffisante pour l'étude des machines proprement dites, et, en arrivant dans les ateliers, après avoir acquis les connaissances théoriques que l'on puise dans les écoles, on est étonné de la difficulté qu'on rencontre à comprendre le mode d'action des nombreuses machines-outils qui vous entourent.

Entrez dans une filature : la roue hydraulique qui fait mouvoir les métiers est-elle établie dans les meilleures conditions possibles? travaille-t-elle de manière à donner le maximum d'effet utile? Ce sont des questions que résoudra la mécanique industrielle telle qu'on l'enseigne. Mais dans la filature proprement dite, aucun principe ne guide plus pour juger le travail des machines compliquées qui convertissent en tissu le duvet de coton; et comme toutes les fois qu'une science est à faire, la pratique peut seule enseigner.

Il n'est pas douteux, cependant, que les habiles constructeurs de ces délicates machines n'aient des théories positives pour les guider, et entre deux moyens d'atteindre un même but, ne sachent fort bien choisir le meilleur. C'est cette science, celle du mécanicien dont Vaucanson, Jacquart, Arkwright, Watt, etc., ont fait de si belles applications qu'il est temps de formuler aujourd'hui en corps de doctrine.

Pour nous résumer, le but de la mécanique est double, et comme toute science qui traite de grandeurs, elle doit être envisagée au point de vue du nombre et au point de vue de la forme. La première partie qui traite du meilleur emploi possible de la force motrice, du maximum d'effet utile, de l'évaluation des résistances constitue la mecanique que nous appellerons *dynamique*. C'est celle si admirablement résumée dans le cours de M. Poncelet. La seconde partie traite de la direction du mouvement, de la forme et de la combinaison des organes destinés à produire un mouvement voulu, c'est ce que nous appellerons la mécanique *géométrique*. Autrefois les corps savants eux-mêmes, l'ancienne Académie des sciences, par exemple, ne considéraient la science mécanique qu'à ce point de vue, que les grands progrès du calcul de l'effet des machines n'eussent pas dû faire abandonner, car il s'agit de deux parties également utiles d'une même science.

Bien qu'aujourd'hui cette partie de la question soit assez négligée scientifiquement, on ne saurait cependant contester la haute importance de son étude. Chaque jour, par exemple, on entend vanter, avec juste raison, la sublime invention de Jacquart, mais tous ses admirateurs ont-ils bien apprécié le principe vraiment remarquable sur lequel repose cette belle invention?

Le problème de l'établissement des machines au point de vue géométrique, est celui-ci : *étant déterminées, d'une part, la forme des récepteurs, la nature et la vitesse de leur mouvement* (de manière à obtenir le maximum d'effet utile, questions dont la physique et la mécanique industrielle fournissent les solutions), *et, d'autre part, la forme d'un outil qui doit opérer le travail utile par un mouvement également déterminé, quant à la direction et à la vitesse, par son mode d'action; établir de la manière la plus avantageuse la communication du récepteur à l'outil.* Ainsi, l'outil étant une scie dont la manière d'opérer est connue, la scierie mécanique comprendra l'ensemble formé par le récepteur, l'outil et les organes transmettant la force du premier au dernier, dans des conditions convenables pour utiliser le travail de celui-ci.

Le seul travail important relatif à la mécanique géométrique considérée dans son ensemble que nous connaissions, est l'Essai sur la composition des machines, de MM. Lantz et Bétancourt. Ce travail, remarquable et qu'on s'est généralement contenté de copier dans les ouvrages parus depuis, est néanmoins fort incomplet et présente, en outre, deux défauts majeurs.

Le premier est de borner la composition des machines à la transformation des mouvements, ce qui est une

Digitized by Google

idée fausse et incomplète de la question. Les embrayages, le volant, les cartons de la Jacquart, etc., etc., sont certes, des organes de machines, sans être pour cela ni des organes de récepteurs, ni des organes de transformation de mouvements, ni des outils.

Le second est de confondre l'agent physique qui donne le mouvement avec la machine. A quoi peut-il servir de considérer la roue hydraulique comme un moyen de transformer un mouvement rectiligne en mouvement circulaire, parce que l'eau qui se mouvait en ligne droite vient tourner à la circonférence de la roue? L'eau est ici le moteur qu'on doit utiliser le mieux possible, cette condition seule détermine le mouvement qu'on lui fait prendre. Il n'en est pas de même des parties suivantes de la machine; ce n'est plus seulement l'économie de forces motrices qui est en jeu ; mais avant tout, la nécessité d'obtenir les mouvements convenables de l'outil, en vue du travail à effectuer.

Enfin, le travail de MM. Lantz et Bétancourt a le défaut d'avoir vieilli, ayant été fait avant les grands progrès accomplis depuis 30 ans dans l'art de la construction des machines et d'avoir été conçu bien plus en vue de l'enseignement que de la pratique. Beaucoup des solutions directes pour transformer un mouvement en un autre, qui y sont détaillées, seraient rejetées par le mécanicien le moins avancé à cause de leurs imperfections et parce qu'on obtient le même résultat chaque jour dans les ateliers, au moyen de solutions moins directes, mais bien préférables sous tous les rapports.

Nous pensons donc que ce travail devrait être repris aujourd'hui, afin de ramener sous une forme scientifique, l'étude des ingénieuses combinaisons de nos mécaniciens. Ce n'est que par l'étude des organes, des éléments primitifs des machines construites aujourd'hui, qu'on peut arriver à comprendre et à combiner les machines compliquées qui sont créées chaque jour pour satisfaire à des besoins spéciaux ; étude qui sera bien plus profitable que celle de l'ensemble de toutes ces machines spéciales, si on n'arrivait à faire cette décomposition, à analyser et étudier en eux-mêmes les éléments de celles-ci.

La mécanique géométrique se divise naturellement en quatre sections :

1° *Récepteurs.* Formes de leurs organes et nature du mouvement produit d'après le mode physique de l'action de la force motrice ;

2° *Organes de communication, de transformation du mouvement d'une partie d'une machine à une autre partie ;*

3° *Organes des machines servant à modifier le mouvement et à disposer les éléments dans un ordre déterminé ;*

4° *Opérateurs.* Organes servant à surmonter les résistances, varient d'après la nature des résistances et le produit à obtenir.

PREMIÈRE SECTION.

Récepteurs.

L'étude des récepteurs, de la vitesse de leur mouvement forme l'application la plus intéressante de la mécanique dynamique, qui se propose surtout la solution du problème d'obtenir le maximum d'effet utile des moteurs. Nous n'avons ici qu'à passer en revue les divers récepteurs pour indiquer la forme de leurs organes et établir la nature de leur mouvement, point de départ de toute combinaison mécanique pour opérer un travail à l'aide des forces naturelles.

On peut diviser en quatre classes les moteurs qu'emploie l'industrie :

1° Moteurs animés. Force de l'homme, des animaux ;

2° Pesanteur ;

3° Vitesse acquise ;

4° Chaleur et actions chimiques.

PREMIÈRE DIVISION. — Moteurs animés.

I. FORCE DE L'HOMME.

Le corps humain, dit Coulomb, composé de différentes parties flexibles, mues par un principe intelligent, se plie à une infinité de formes et de positions.

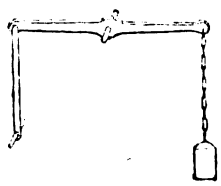
Considéré sous ce point de vue, c'est presque toujours la machine la plus commode que l'on puisse employer dans les mouvements composés qui demandent des nuances et des variations continues dans les degrés de pression, de vitesse et de direction.

L'homme, pouvant être considéré comme une machine parfaite, communiquant directement aux opérateurs le mouvement convenable, son étude ne fait pas, sous ce rapport, partie de la science des machines, considérée comme ayant pour but principal d'utiliser les forces naturelles essentiellement inintelligentes, à la production de produits précédemment obtenus par le travail de la main. Nous ne devons donc consigner ici que les moyens usités pour employer seulement la force musculaire de l'homme à produire un mouvement simple, quel que soit l'emploi qui doive en être fait.

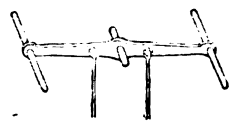
ACTION PRODUITE AU MOYEN DE LA FORCE DES BRAS.

1° *Levier.* Organe principal parmi les moyens d'appliquer la force musculaire. Il peut être disposé dans un plan vertical ou horizontal ou dans des plans voisins de ces positions. On peut agir sur un levier isolé ou plusieurs leviers adaptés à un même arbre. Ces diverses dispositions, en ne prenant que les principales, donnent lieu aux divers cas suivants.

Dans un plan vertical.— Levier isolé. Agit par un mouvement circulaire alternatif (fig. 1507), par mouvement rectiligne alternatif combiné avec un transport du bras d'avant en arrière (fig. 1508).

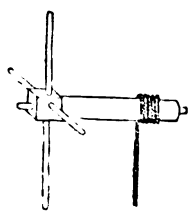


1507.



1508.

Leviers multiples. Par plusieurs leviers que l'on rechange successivement de main (fig. 1509), on produit le mouvement circulaire continu.



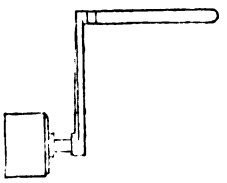
1509.

Dans un plan horizontal. Les mêmes dispositions que ci-dessus peuvent également servir à agir par la force musculaire des bras ; ils pourraient, à la rigueur, être employés dans des plans quelconques.

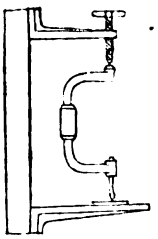
2° *Manivelle. Levier coudé.* Au moyen de la manivelle (fig. 1510), l'homme agissant, en outre de l'action musculaire, par le poids de la partie supérieure de son corps à laquelle il imprime un mouvement de va-et-vient, condition avantageuse comme nous le verrons ci-après, produit un mouvement circulaire continu. Ce mouvement étant le plus convenable pour les machines, l'emploi de la manivelle est extrêmement fréquent. La fig. 1511 représente la manivelle dans un plan vertical employée dans quelques outils; moins avantageuse que la

Digitized by Google

première, parce qu'on ne la fait mouvoir que par action musculaire.

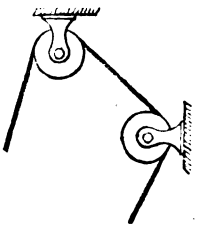


1510.

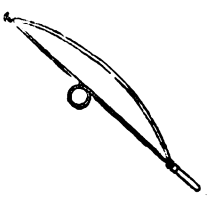


1511.

3° *Poulies et cordes.* Mouvement rectiligne continu (fig. 1512) ou alternatif (fig. 1513), en agissant par traction à la main.

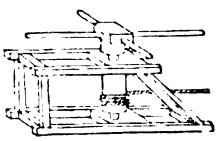


1512.



1513.

Action de traction et d'impulsion. Pour ces efforts, l'homme, s'appuyant sur le sol pour développer la force musculaire, qu'il transmet soit avec les bras, soit au moyen d'une corde adaptée aux épaules, et, s'aidant en penchant en avant la partie supérieure du corps, produit un mouvement rectiligne continu en se déplaçant, ou un mouvement circulaire continu par une action exercée à l'extrémité de leviers (fig. 1514).

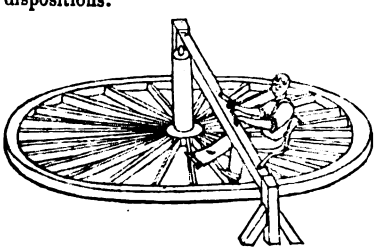


1514.

ACTION PRODUITE AU MOYEN DE LA FORCE MUSCULAIRE DES JAMBES.

A fatigue égale, dit M. Coriolis, au bout de la journée, l'homme produit plus de travail avec les muscles des jambes qu'avec ceux des bras, pourvu que la vitesse des mouvements se rapproche de celle qui a lieu dans la marche.

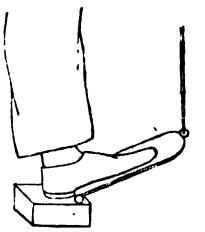
Dans ce travail, l'homme est assis ou debout, et l'action des jambes agissant sur les raies ou sur des marches placées sur la jante d'une roue, produit un mouvement circulaire continu. La fig. 1515 représente une de ces dispositions.



1515.

La roue du tour à potier, mue de la sorte, laisse à l'ouvrier la disposition de ses bras pour façonner les pièces.

La pédale (fig. 1516) est un moyen d'application du travail musculaire au pied pour engendrer un mouvement circulaire alternatif.



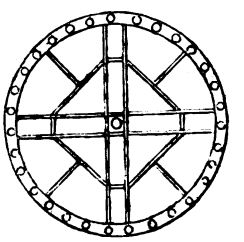
1516.

ACTION PRODUITE PAR LE POIDS DU CORPS.

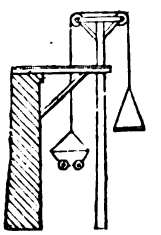
Des expériences de Coulomb, résulte ce fait remarquable, que la meilleure manière d'utiliser la force motrice de l'homme est d'employer le poids même du corps comme force motrice.

On obtient ce résultat au moyen de la roue à chevilles représentée fig. 1517. L'homme, grimpant sur les échelons, dont la circonférence de la roue est garnie, produit un mouvement circulaire continu de l'axe de la roue. Ce système est barbare par suite des accidents auxquels sont exposés les ouvriers qui le manœuvrent.

On a appliqué avec avantage le même système aux terrassements des fortifications, au moyen d'une poulie (fig. 1518) sur laquelle passe une corde munie à ses extrémités de deux plateaux, dont l'un porte le poids à monter, et l'autre l'homme. Celui-ci remonte au



1517.

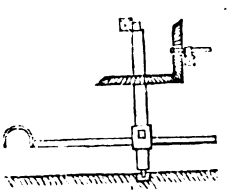


1518.

moyen des échelles pour donner un mouvement rectiligne d'ascension à un nouveau poids en descendant sur le plateau. On a proposé d'utiliser la force des hommes grimpant après une des cordes formant une chaîne sans fin pour donner un mouvement circulaire continu à l'axe de la poulie ; mais on doit rejeter ces dispositions dangereuses.

II. FORCE DES ANIMAUX.

La force motrice des animaux est utilisée au moyen du manége (fig. 1519). L'animal, attelé après une barre, tournant autour de l'axe, développe sa force par traction, et produit ainsi un mouvement circulaire continu.



1519.

Quelques essais faits pour utiliser la force des animaux au moyen de leur poids, ou par l'action de leurs pieds sur des espèces de roues à marcher, par des dispositions analogues à celles employées pour utiliser la force intelligente de l'homme et produire ainsi un mouvement circulaire continu, n'ont jamais été adoptés dans la pratique. Le manége est préférable sous tous les rapports.

DEUXIÈME DIVISION. — Pesanteur.

PESANTEUR DES CORPS SOLIDES.

Les corps solides ne peuvent être une source de force motrice que dans une limite fort restreinte, puis-

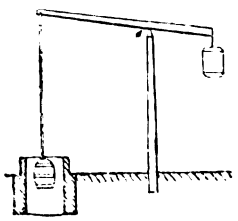
Digitized by Google

qu'il faut nécessairement remonter bientôt le poids descendu et opérer par l'action d'une autre force un travail égal à celui de la pesanteur pour le replacer à la première position. Aussi, emploie-t-on le plus souvent le poids des corps solides comme contre-poids pour assurer le retour d'une pièce dans une première position quand la force qui l'en déplaçait cesse d'agir.

La fig. 1520 représente le mode employé dans les horloges pour obtenir, au moyen d'un poids, un mouvement circulaire continu. La fig. 1521 représente une disposition de contre-poids agissant autour d'un levier



1520.



1521.

et produisant un mouvement circulaire alternatif. En agissant par l'intermédiaire des cordes, il produit un mouvement rectiligne alternatif.

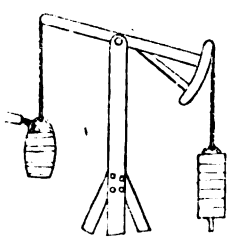
PESANTEUR DES LIQUIDES.

La pesanteur des liquides passant d'un niveau plus élevé à un niveau inférieur est une des plus abondantes sources de force qui se rencontre dans la nature. L'eau s'écoulant naturellement après avoir passé sur le récepteur, pour peu qu'il reste de chute pour déterminer le mouvement, en rend l'emploi facile.

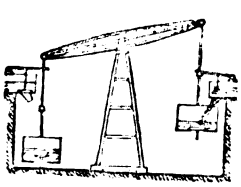
Il faut remarquer que l'abondante source de travail mécanique que fournit la pesanteur des liquides a pour origine première la cause plus générale dont nous parlons ci-après, la chaleur. C'est celle-ci qui, évaporant l'eau, la fait remonter sous forme de nuages, dans les parties supérieures de l'atmosphère, d'où elle retombe, sous forme de neige ou de pluie sur les parties élevées, pour de là s'écouler vers les parties plus basses du sol.

Passons en revue les principaux organes qui servent à utiliser l'action de la pesanteur de l'eau :

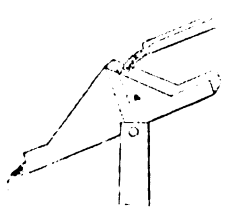
1° *Caisses et soupapes.* L'eau reçue dans une caisse sert comme contre-poids dans la balance hydraulique pour élever les charges dans les mines, au moyen de tonnes qui reçoivent l'eau (fig. 1522).



1522.



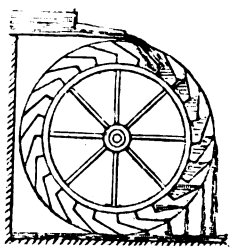
1523.



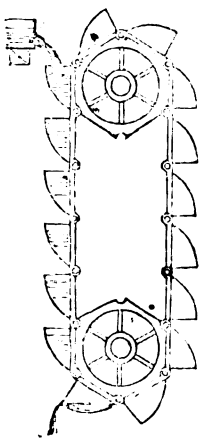
1524.

Si l'eau placée à un niveau élevé est reçue dans une caisse suspendue à l'extrémité d'un balancier, celui-ci s'inclinera par la descente de la caisse. Arrivée sur le sol, une soupape placée au fond de la caisse s'ouvrant, et pendant ce temps une caisse placée à l'autre extrémité du balancier recevant l'eau, il résultera de la répétition d'opérations semblables de cet appareil dit balancier hydraulique (fig. 1523), un mouvement circulaire alternatif produit par le poids de l'eau. La figure 1524 représente le balancier de Perrault, type primitif de ce genre de machine.

2° *Augets.* Des augets disposés à la circonférence d'une roue produisent un mouvement circulaire continu, dont la vitesse doit être la moindre possible pour obtenir le maximum d'effet utile (fig. 1525). On a quelquefois disposé les godets (fig. 1526) le long d'une chaine qui transmet le mouvement circulaire continu à l'arbre qui la supporte. Les oscillations de la chaine qui font verser l'eau des godets, et sa destruction rapide empêchent de se servir de cet organe pour les grandes chutes pour lesquelles, à priori, il paraît convenable.

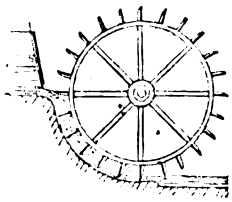


1525.



1526.

3° *Palettes emboîtées.* Si l'on adapte à la circonférence d'une roue des palettes droites qui se meuvent dans un coursier les emboîtant dans tous les sens aussi exactement que possible (fig. 1527), l'eau ne peut s'écouler qu'en pressant de son poids les palettes et produisant un mouvement circulaire continu de l'axe de cette roue, dite roue de côté.

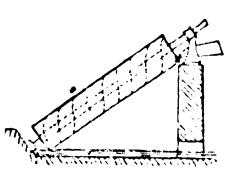


1527.

4° *Plan incliné.* Si on laisse écouler un liquide sur un plan incliné, il en résultera une pression pouvant faire avancer ce plan, s'il est mobile.

On peut utiliser cette propriété.

1° En enroulant ce plan incliné autour d'un axe et faisant écouler l'eau du haut en bas, de manière à obtenir une vis d'Archimède agissant inversement (figure 1528), d'où résultera un mouvement circulaire continu.



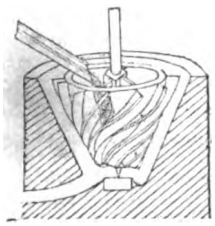
1528.

2° En disposant des plans inclinés ou des courbes à une certaine distance d'un axe avec lequel ils sont reliés. Telle est la disposition des anciennes roues à poires (fig. 1529) et celle de la turbine Burdin (fig. 1530 et 1531). Dans cette turbine, l'eau arrivant dans une couronne placée à la partie supérieure

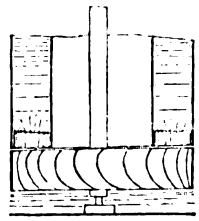
Digitized by Google

descend le long de plans inclinés et sort sans vitesse absolue dans une direction opposée à celle du mouvement

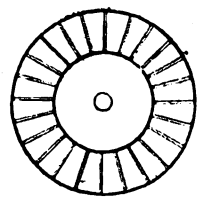
1530.



1529.

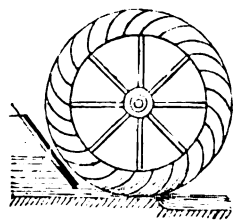


de la turbine en produisant un mouvement circulaire continu de l'axe disposé verticalement ; condition avantageuse dans certains cas, notamment pour les moulins à blé.



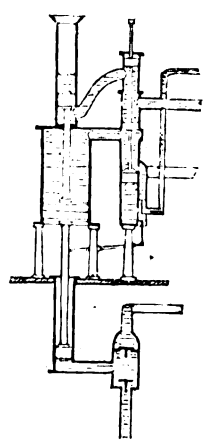
1531.

5° *Aubes courbes* (roue verticale à). M. Poncelet, en recourbant les aubes de roues libres dans un coursier et recevant l'eau qui s'échappe d'une retenue d'eau, a fourni le moyen de transformer l'action du choc de l'eau sur les aubes plates (dont nous parlerons ci-après) en une action de pesanteur sur les aubes courbes. En effet (figure 1532), l'eau s'élevant sans choc sur la palette courbe en vertu de sa vitesse, redescend ensuite par la pesanteur en faisant tourner la roue qui, aux avantages des roues mues sans choc, réunit celui propre aux roues à aubes droites, de se mouvoir avec une vitesse de maximum d'effet utile, égale à la moitié de la vitesse de l'eau.



1532.

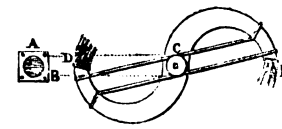
6° *Corps de pompe et piston.* Si l'on amène l'eau dans un corps de pompe dans lequel glisse un piston, la tige descendra. Si, quand celui-ci est arrivé à la partie inférieure on met en communication l'autre face du piston avec le réservoir, et qu'on fasse écouler l'eau de la partie supérieure, on donnera à la tige du piston un mouvement rectiligne alternatif. On appelle machine à colonne d'eau (fig. 1533) la machine dans laquelle la pression d'eau est ainsi utilisée d'une manière fort convenable pour les fortes chutes.



1533.

7° *Réaction.* On obtient encore un mouvement circulaire continu d'un axe vertical en employant la réaction

résultant du poids de l'eau contre les parois opposées aux orifices de sortie, ainsi que le représente la figure 1534.



1534.

TROISIÈME DIVISION. — Vitesse acquise.

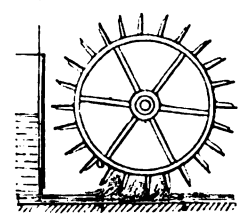
SOLIDES.

Les corps solides ne se rencontrant pas à l'état de mouvement, ne pouvant y être amenés que par une dépense de travail, et ne pouvant le communiquer qu'avec une perte de force vive considérable par suite des chocs, on n'a jamais employé de véritables récepteurs mis en mouvement par des corps solides animés d'une certaine vitesse.

LIQUIDES.

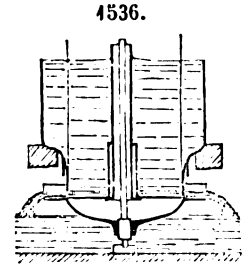
Les liquides se rencontrent dans la nature animés d'une certaine vitesse, provenant : de la pente du lit dans les rivières, ou quand ils sortent par la partie inférieure d'un réservoir dans lequel ils se trouvent retenus à un niveau plus élevé que celui du bief inférieur, de la pression due à la pesanteur. Dans ce cas, l'eau agit souvent en même temps et par sa pesanteur et par son choc.

Palettes plates (roues à). En faisant plonger dans le courant les palettes d'une roue, le choc de l'eau fait tourner celles-ci en produisant un mouvement circulaire continu (fig. 1535) dont la vitesse doit être moitié de celle de l'eau pour le maximum d'effet utile. Ces roues prennent le nom de roues pendantes quand elles plongent dans un courant indéfini, telles sont celles qui mettent en mouvement les meules des moulins, dits *moulins à nef* construits sur les bateaux placés sur les rivières.



1535.

1536.



Palettes courbes verticales. On emploie dans le Midi le choc de l'eau sur des aubes creuses de roues horizontales analogues à celles représentées figure 1529, communiquant immédiatement à la meule supérieure des moulins qu'elles doivent faire mouvoir, un mouvement circulaire continu d'une rapidité suffisante.



1537.

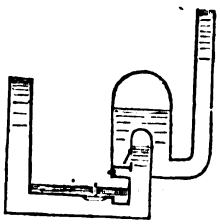
Palettes courbes verticales des turbines Fourneyron. Dans ce système (fig. 1536 et 1537), on évite le choc à l'entrée de l'eau, qui a lieu dans le système précédent, en faisant agir celle-ci sur des aubes courbes,

Digitized by Google

renfermées dans une couronne mobile, et se raccordant à des aubes fixes qui guident la sortie de l'eau. Celle-ci agit sans choc sur la palette, lui communique par l'effet de la force centrifuge la vitesse dont elle est animée, pour sortir sans vitesse à la circonférence.

Ce récepteur, qui donne un mouvement circulaire continu à un axe vertical, est très avantageux et fréquemment employé aujourd'hui. Il offre l'avantage sur la turbine Burdin, décrite plus haut, de ne pas charger autant le pivot qui ne supporte pas le poids d'une colonne d'eau correspondante à toute la hauteur de la chute. Il jouit de l'importante propriété d'agir convenablement, même immergé complétement, pourvu que la prise d'eau soit à un niveau supérieur à celui de l'eau au milieu de laquelle l'écoulement a lieu.

Tuyau et soupape. — Bélier hydraulique. Une colonne d'eau étant en mouvement dans un tuyau horizontal et s'écoulant à travers une ouverture circulaire, au-dessous de cette ouverture se trouve placée une soupape pouvant la fermer, le courant d'eau le soulevant arrêtera brusquement l'écoulement. La force vive du liquide ne pouvant être amortie brusquement causera un choc qui soulèvera un clapet disposé près de la soupape et élèvera de l'eau dans la colonne fermée par ce clapet. Puis la vitesse étant amortie, la soupape retombera, l'écoulement reprendra la première voie, et le même effet recommencera. Tel est le bélier de Montgolfier (fig. 1538), qui est à la fois récepteur et opérateur, appliqué à l'élévation de l'eau. On pourrait théoriquement au moins, au lieu de la colonne ascendante du liquide, supposer un piston et obtenir du bélier le mouvement rectiligne alternatif d'une tige de piston.



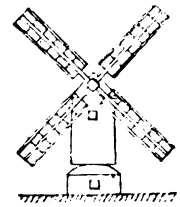
1538.

N'ayant ici qu'à déterminer la nature des mouvements des récepteurs et la forme des organes qui permettent d'utiliser l'action du moteur, nous n'avons pas à traiter la question du maximum d'effet utile des divers systèmes de récepteurs hydrauliques. Nous poserons seulement ici le principe qui est la conséquence des considérations dynamiques, c'est qu'un récepteur hydraulique n'est parfait qu'autant que l'eau entre sans choc, agit sans choc et sort sans vitesse, ayant par suite communiqué au récepteur toute la quantité de travail qu'elle pouvait produire.

AIR.

Voiles. — Moulins à vent. L'air en mouvement peut communiquer la force vive dont il est animé aux organes mobiles qu'il rencontre. Ce sont toujours les voiles qu'on emploie à cet effet, à cause de la facilité avec laquelle on augmente ou on diminue la surface agissante. Les voiles sont le moyen direct d'impulsion des navires pour leur faire surmonter la résistance qu'oppose l'inertie du liquide sur lequel ils flottent.

Le vent sert encore de moteur aux moulins. On a quelquefois tenté de disposer horizontalement les voiles destinées à utiliser la force du vent autour d'un axe vertical, en cherchant à éviter l'égalité d'action qui tend à se produire dans les deux sens, soit au moyen de paravents, soit en faisant varier la surface des voiles des deux côtés de l'axe par divers dispositifs. Ces essais n'ont jamais présenté des résultats pratiques, et le seul système employé est toujours celui des voiles placées dans un plan presque vertical (fig. 1539); le châssis portant la toile est formé d'une surface gauche dont les génératrices sont inclinées dans le même sens, et les ailes étant amenées par la rotation de tout le système dans un plan perpendiculaire à la direction du vent, donnent à l'axe perpendiculaire au plan des quatre ailes un mouvement circulaire continu par suite de l'action oblique produite sur chaque aile par le vent.



1539.

Moteurs secondaires.

Pression atmosphérique. La pression atmosphérique agit comme un contre-poids exerçant son action en tous sens pour rentrer partout où le vide est opéré. Elle est ainsi une source de force motrice secondaire en restituant la force dépensée pour faire le vide par les moyens que nous indiquons à la quatrième partie. Son emploi est donc correspondant aux moyens de faire le vide qui constituent le travail initial.

Ressorts. Les ressorts accumulant du travail quand on les tend, et le rendant quand on les laisse se détendre, constituent un organe de mouvement secondaire fréquemment employé dans les petites machines, les montres, les horloges, les automates, etc. La disposition la plus générale est celle d'un ressort roulé sur lui-même en spirale (fig. 1540), qui se bande au moyen d'une clef à levier entrant dans un carré placé à son centre et qu'une roue à rochet empêche de se détourner.



1540.

En se déroulant le ressort fait mouvoir d'un mouvement circulaire continu un cylindre, dit barillet, avec lequel il est assemblé, et dont la circonférence dentée communique le mouvement à une roue d'engrenage.

QUATRIÈME DIVISION. — Chaleur.

La chaleur est la source de force la plus générale et la plus importante. Il est essentiel de la considérer en elle-même et ne pas la confondre avec les excipients qui servent à l'utiliser; vapeur d'eau, d'alcool, air, etc.

M. Poncelet établit le principe fondamental de l'emploi de la chaleur par une induction très satisfaisante.

Il démontre d'abord qu'un gaz comprimé développe un même travail de quelque manière qu'il se détende, pourvu que ce soit d'une même fraction de son volume. Ainsi s'il se détend dans deux corps de pompe fermés par des pistons différents A, *a*; *e*, E, étant les chemins parcourus ; le travail sera dans les deux cas $p\,A\,e$, $p\,a\,E$, la pression p étant supposée constante pour un mouvement très petit; or les quantités $A\,e$, $a\,E$ représentant le volume dont le gaz s'est détendu, quantités égales par hypothèse, le travail est donc le même.

Ceci admis le calorique pouvant être considéré comme un fluide sans inertie ni pesanteur, d'une élasticité parfaite (la théorie des ondulations aujourd'hui généralement admise par les savants, dans laquelle ce fluide s'appelle l'éther, dont l'état de tension est indiqué par la température thermométrique, repose exclusivement sur cette hypothèse confirmée par tous les faits) produisant des dilatations quand il s'accumule, des contractions quand il diminue; on doit lui appliquer à fortiori le principe posé pour la détente des gaz, ce qui revient à dire :

« Qu'une certaine quantité de chaleur introduite dans un corps ou soustraite de ce corps doit faire naître, contre des résistances directement opposées à son action, des quantités de travail absolues qui sont toujours les mêmes ou indépendantes de la nature des corps, mais

Digitized by Google

dont une certaine partie est, dans les liquides et les solides, employée à contre-balancer la force d'agrégation des molécules. »

Ce principe a été établi pour la première fois au moyen de considérations différentes, en 1824, dans un opuscule remarquable de M. S. Carnot, ancien élève de l'École polytechnique. Nous allons essayer de donner une idée des considérations consignées dans cette brochure sur la puissance motrice du feu, ce qui nous permettra d'établir les moyens d'utiliser la force développée.

1° *La force est produite, non par une consommation absolue de calorique, mais par le passage de celui-ci d'un corps chaud à un corps froid.* En considérant la machine à vapeur, il est facile de se rendre compte que c'est ainsi que la force se produit. En effet, le calorique développé dans le foyer par l'effet de la combustion traverse les parois de la chaudière et vient donner naissance à de la vapeur en s'y incorporant en quelque sorte. Celle-ci l'entraînant avec elle la porte dans le cylindre où elle agit, et de là dans le condenseur dont l'eau froide s'emparant du calorique développé dans la combustion produit le vide. Il ne suffit donc pas pour produire une puissance motrice d'obtenir de la chaleur, il faut en même temps disposer d'un corps froid. Ainsi la condensation qui est aussi cause de travail, n'a lieu que par la présence de l'eau froide qui sert à condenser la vapeur. On ne peut rejeter celle-ci simplement dans l'atmosphère, comme on le fait dans certaines machines à vapeur à haute pression, qu'autant que la température extérieure est telle que l'eau reste à l'état liquide par l'effet de la pression atmosphérique, température nécessairement moindre que celle de la vapeur; autrement il n'y aurait pas d'eau liquide et par suite pas de machines à vapeur; l'action du foyer serait alors nulle sur de la vapeur qui serait à la même température que les produits de la combustion.

2° *Partout où il y a différence de température, il y a production de force motrice.* Tous les corps sont susceptibles de changements de volume, de contractions et de dilatations successives par les alternatives de chaleur et de froid, tous sont capables de vaincre dans leurs changements de volume certaines résistances et de développer ainsi une certaine puissance motrice. Un corps solide, une barre métallique alternativement chauffée et refroidie, augmente ou diminue de longueur et peut mouvoir des corps placés à ses extrémités. Un liquide alternativement chauffé et refroidi peut vaincre les obstacles plus ou moins grands opposés à sa dilatation. Un fluide aériforme produira dans les mêmes conditions des mouvements de grande étendue. Tous ces changements supposent des alternatives de chaleur et de froid, c'est-à-dire la disposition d'un corps chaud pour transmettre la chaleur à un corps froid.

Puisque le passage de la chaleur d'un corps chaud à un corps froid est une source de force par la dilatation qui en résulte, le bon emploi de la chaleur exige qu'il ne se fasse dans les corps employés à réaliser la puissance motrice de la chaleur aucun changement de température qui ne corresponde à un changement de volume.

L'ensemble des phénomènes physiques et chimiques conduit à considérer les corps comme composés de molécules qui tendent à se réunir sous l'effet des forces d'attraction moléculaire et à s'éloigner par l'effet de la chaleur. Pour chaque température donnée correspondant à un état de dilatation déterminé, il s'établit un équilibre entre les forces moléculaires et le calorique.

La dilatation est donc l'effet nécessaire de la chaleur; tout l'effet du calorique est produit sous cette forme dans les gaz permanents pour lesquels les forces d'attraction de molécule à molécule sont nulles; l'effet du calorique sert en partie à équilibrer les forces d'attraction moléculaires dans les solides et les liquides, effet indiqué pour ces divers corps par les variations de chaleur spécifique; mais il faut remarquer que la perte qui en résulte n'existe pas pour les liquides employés à l'état de vapeur, car la chaleur latente se trouve utilisée à produire à pression constante un volume considérable de gaz dans la capacité dans laquelle on a introduit un faible volume de liquide.

Pour les solides et liquides, lorsque le corps revient à sa température primitive, en supposant la rotation complète, les forces de cohésion restituant en sens inverse la force qui leur faisait équilibre en partie, la restriction indiquée par M. Poncelet pour les forces moléculaires, vraie quand on ne considère que partie de cette rotation, paraît inutile.

On peut donc se poser sans restrictions la question suivante dont nous avons déjà fait sentir toute l'importance :

3° *La puissance motrice d'une même quantité de chaleur est-elle constante ou varie-t-elle avec l'excipient employé pour l'utiliser?* On peut démontrer qu'elle est constante. En effet, la quantité de chaleur qui produit la dilatation d'un corps, produisant une certaine quantité de travail (nous supposons nulle pour cette démonstration l'action moléculaire, supposons qu'on agisse sur un gaz parfait), cette même quantité de travail exercée en sens inverse, pour comprimer le corps, devra à son tour produire le dégagement de la quantité de chaleur qui l'a produit, et qui a fait prendre aux molécules les positions d'écartement qu'on fait cesser par une action mécanique.

Si donc, pour une même quantité de chaleur, un corps A donnait un travail mécanique supérieur à tout autre B, l'emploi de ce travail mécanique produit par le corps A, employé à comprimer cet autre corps B, devrait fournir une quantité de chaleur supérieure a celle qui a produit le travail initial, et capable par suite d'engendrer, en se communiquant au corps A, une quantité de travail supérieure à celle qu'a exigé la compression; c'est à-dire d'engendrer en répétant la même opération une source indéfinie de chaleur et un mouvement perpétuel, ce qui ne saurait être admis. On ne doit donc pas chercher à faire varier l'excipient dans l'espoir d'un bénéfice de travail, mais chercher seulement à utiliser le mieux possible le travail du calorique. Nous revenons sur cette importante question dans la note qui termine cette section.

Passons en revue les moyens d'utiliser la force d'expansion du calorique.

Solides. Les solides ayant une force de cohésion que le calorique détruit en partie, avant de produire un effet sensible, il y a d'abord une partie de travail annulé par cette cause, mais cette quantité est restituée lorsque, par le refroidissement, le corps revient à son état primitif. La physique ne fournit pas les données suffisantes pour calculer les effets dus à la dilatation des solides. On connaît seulement l'étendue des dilatations, mais non l'effort qu'elles peuvent produire. Chacun connaît l'application faite par Molard pour redresser les murs du Conservatoire, exemple qui, ainsi que nombre de faits, prouve que la force ainsi engendrée est considérable si le chemin parcouru est petit. Des expériences bien faites, consistant à mesurer le poids qu'une barre de fer pourrait soulever par son refroidissement, confirmeraient le principe posé.

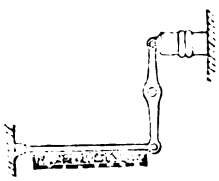
Les faibles mouvements, produits par la dilatation des corps solides, rendent leur emploi presque impossible pour l'établissement de machines pouvant les utiliser.

Il faudrait employer des mécanismes compliqués des pièces d'une grande force pour transmettre des pressions énormes, etc. Le seul moyen tenté quelquefois et qui n'a guère été employé que dans des appareils régulateurs, qu'on peut considérer comme employés à produire une pression, consiste (fig. 1541) à faire di-

Digitized by Google

later et refroidir successivement une barre de fer dont l'extrémité produit un mouvement rectiligne alternatif.

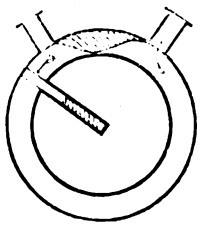
Liquides. Tous les inconvénients que nous venons d'énumérer pour les solides se rencontreraient dans l'emploi des liquides; la question de leur puissance motrice, que les données de la physique ne permettent pas de résoudre complétement, n'offre que peu d'intérêt au point de vue de l'application. On pourrait, théoriquement, utiliser la force expansive des liquides en ajustant, sur la surface de l'enveloppe qui les renferme, des corps de pompe contenant des pistons dont la tige prendrait par les échauffements et refroidissements successifs un mouvement rectiligne alternatif.



1541.

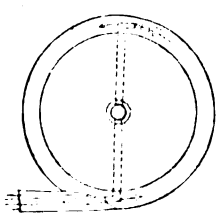
Vapeurs et gaz. Les seuls appareils à noter ici sont ceux qui se rapportent à l'emploi de la vapeur d'eau, la seule réellement employée dans l'industrie. Remarquons toutefois que les gaz permanents, l'air, par exemple, offrant l'avantage de pouvoir produire un travail à une température très peu supérieure à la température ordinaire, il en résulte la possibilité d'employer des sources de chaleur donnant une température peu élevée, avantage purement théorique jusqu'à ce jour. Les appareils qui permettent d'utiliser le travail des gaz échauffés sont en tous les cas les mêmes que ceux pouvant servir pour la vapeur d'eau. Nous allons les passer en revue en commençant par quelques-uns de ceux qui sont restés à l'état de projets, et n'ont pu rivaliser jusqu'à ce jour avec la machine à corps de pompe et piston, que nous donnerons en dernier.

Machines rotatives. On a essayé souvent, et jusqu'ici sans succès, d'obtenir directement le mouvement circulaire continu en disposant le piston dans une couronne cylindrique, et établissant par des pièces mobiles la séparation du condenseur à la chaudière. Tel est le système (fig. 1542). Aucun système de ce genre n'a encore produit de bons résultats. Les frottements, les fuites, etc., ont toujours bien plus que compensé les avantages résultant du mouvement circulaire directement obtenu.

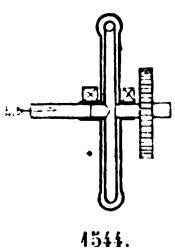


1542.

Machines à réaction. La plus ancienne machine de ce genre est l'éolypile, dans lequel la vapeur produit le mouvement circulaire continu par sa réaction en s'écoulant. Les fig. 1543 et



1543.

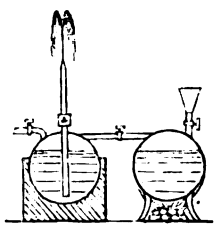


1544.

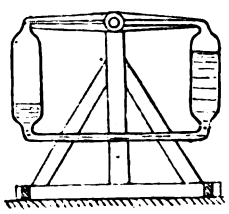
1544 représentent un système analogue exécuté en Amérique.

Mais pour que de semblables machines travaillassent dans les conditions de maximum, pour ne pas dépenser inutilement leur vapeur, il faudrait que la vitesse à la sortie fût égale à celle de la vapeur. Or cette vitesse est tellement considérable que les matériaux composant l'arbre s'échauffent, grippent et cessent de fonctionner immédiatement. De plus, la pression de la vapeur sortant par de petits orifices n'est pas suffisante pour surpasser la résistance de l'air et celle due aux frottements des tourillons; et si l'orifice de sortie est large comme il faudrait le faire pour faire des machines de cette nature d'une force quelque peu considérable, l'utilisation de la force expansive de la vapeur est loin d'être complète, et le courant de vapeur à l'état dynamique n'exerce pas toute la contre-pression qui s'exerce à l'état statique.

Élévation d'un liquide. On a quelquefois proposé de revenir à la première invention de la machine à vapeur appliquée à élever l'eau (fig. 1545), et d'employer la force expansive de la vapeur, ou le vide formé par des explosions, à élever l'eau ou quelque liquide ne produisant pas de condensation, le mercure, par exemple, et de recevoir ensuite ce liquide sur une roue hydraulique pour produire un mouvement circulaire continu. De semblables systèmes, qui consistent dans l'emploi de deux récepteurs dont les pertes d'effet utile se multiplient, donneraient des résultats extrêmement désavantageux. En effet, soit A le travail de la force, T' le travail utile du premier récepteur, T'' le travail utile du second, on aura :



1545.



1546.

$$T' = \frac{1}{m} A,\ T'' = \frac{1}{n} T',\ \text{d'où}\ T'' = \frac{1}{m \times n} A ;$$

ainsi, si $\frac{1}{m} = \frac{2}{3}, \frac{1}{n} = \frac{1}{2}, T'' = \frac{1}{3} A$, et la perte égale $\frac{2}{3} A$.

On peut utiliser la force de la vapeur, à construire un appareil analogue au balancier hydraulique, en se servant de la pression de la vapeur pour faire passer successivement le liquide d'une caisse dans l'autre (figure 1546), et faire ainsi produire par son poids un mouvement circulaire alternatif.

Mais tous les appareils de cette nature qui ne sont pas sortis des cabinets de physique ne sauraient, comme la machine à vapeur à piston et corps de pompe, utiliser convenablement la détente de la vapeur et être exempts de beaucoup de résistances accessoires provenant de la présence du liquide, et ne sauraient leur faire soutenir, sous aucun rapport, le comparaison avec la machine ordinaire.

Corps de pompe et piston (fig. 1547). Cet organe constitue le meilleur récepteur de la force expansive de la vapeur. Relativement à l'arrivée de la vapeur sur le piston, on doit distinguer deux cas :

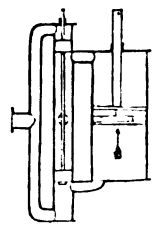
1° La vapeur n'est introduite qu'au-dessus du piston, puis condensée quand celui-ci est parvenu à l'extrémité de sa course. Le piston revient à sa première position par l'effet de la pression atmosphérique ou d'un contre-

Digitized by Google

poids, et sa tige prend un mouvement rectiligne alternatif.

2° L'action de la vapeur a lieu successivement sur les deux faces du piston, en produisant le même mouvement que ci-dessus. C'est la machine de Watt à double effet.

Lorsque la communication entre la chaudière et le corps de pompe se trouve interceptée en un point de la course du piston, la vapeur travaille en se détendant et par suite, en se refroidissant par l'absorption de la chaleur sensible. Si la résistance que surmonte la tige du piston était décroissante, la détente pourrait théoriquement se prolonger jusqu'à la condensation successive de la vapeur et l'utilisation de toute la chaleur sensible. C'est là l'effet que remplace, en réalité, le condenseur pour la plus grand partie, dans les limites où la détente n'est pas possible à cause de la petitesse de l'effet produit; son effet étant de condenser la vapeur quand elle doit cesser d'agir et de produire ainsi le vide sous une des faces du piston.



1547.

Actions chimiques. Les actions chimiques peuvent fournir de la chaleur, comme le fait la combustion du charbon, mais aucune dans des conditions comparables sous le rapport de l'économie.

En est-il de même de celles qui, comme le mélange d'acide sulfurique et de bi-carbonate de soude, peuvent donner lieu à un dégagement de gaz qui se continue même sous des pressions très considérables? Cela est infiniment probable, comme nous le disons ci-après, mais néanmoins ne veut pas dire qu'il ne puisse y avoir certains cas spéciaux dans lesquels on ne puisse employer, quelque jour, quelques réactions, soit connues, soit de celles que la chimie pourra faire découvrir.

Les seules actions chimiques utilisées jusqu'à ce jour sont les explosions et surtout celle de la poudre à canon, dont la puissance paraît due, en grande partie, à la haute température de la vapeur d'eau formée par la combustion. Le moyen de l'utiliser consiste à faire naître l'explosion dans un cylindre résistant (fig. 1548) qui reçoit une partie mobile, le boulet, de même diamètre. La projection du boulet qui est ici le travail à produire et la grande vitesse nécessaire pour atteindre le but, constituent un problème mécanique d'un ordre particulier. Quant à utiliser la poudre à canon pour produire un travail mécanique, M. Poncelet a calculé (*voyez* Introduction à la mécanique) que le travail fourni par la poudre était 90 fois plus cher que celui fourni par la houille.



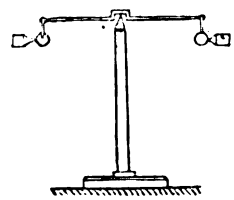
1548.

Le mélange des gaz hydrogène ou hydrogène carboné et d'air a été aussi tenté; de semblables systèmes présentent l'inconvénient majeur qui résulte de leur nature même, d'agir par chocs, c'est-à-dire de manière à n'utiliser qu'une faible partie du travail théorique déjà plus coûteux que celui fourni par l'emploi des combustibles pour vaporiser l'eau. Ce que nous rapportons ci-après, d'après M. Liébig, relativement aux actions électro-chimiques, s'applique, au reste, en partie, aux actions chimiques et nous paraît limiter parfaitement ce qu'on peut retirer de semblables recherches.

Nous ne parlerons pas de la condensation du gaz ammoniac dans l'eau (qu'il faudrait, au reste, faire dégager par la chaleur, et ce qui mènerait, en réalité, à l'utilisation de la chaleur); des machines à gaz acide carbonique condensé et liquéfié par l'échauffement et le refroidissement, de M. Brunel, etc.; machines dont le résultat a bien clairement prouvé qu'avec peu de chaleur on ne pouvait obtenir un grand travail.

Actions électriques et électro-magnétiques. Nous ne donnerons pas ici une description détaillée des appareils qui permettent d'utiliser cette source de force, appareils qui ne sont pas sortis jusqu'à ce jour du domaine scientifique. Le mouvement produit dans le plus grand nombre est circulaire continu (fig. 1549).

M. Liébig, dans ses *Lettres sur la Chimie*, se livre à quelques considérations qui fixent très bien les limites des résultats possibles à l'aide des forces électro-magnétiques sur lesquelles des résultats assez importants ont récemment attiré l'attention.



1549.

Nous citerons ici le curieux passage dans lequel il cherche à résoudre la question suivante : Quel est le plus économique des deux moteurs, l'un étant la houille servant à produire de la vapeur, l'autre du zinc se dissolvant dans l'acide sulfurique et produisant un courant capable d'attirer et de repousser un aimant?

« Pour comprendre cette question et sa signification exacte, il faut d'abord se rappeler ce que les chimistes entendent par équivalents. Ce sont certains rapports invariables d'effets qui sont proportionnés entre eux et qui, par conséquent, peuvent s'exprimer par des nombres. Ainsi, par exemple, si nous avons besoin de huit kil. d'oxygène pour produire un certain effet, et que nous préférions, au lieu d'oxygène, nous servir de chlore pour obtenir le même effet, nous savons qu'il nous faudra trente-cinq kil. et demi de chlore, ni plus ni moins. De même six kil. de carbone sont un équivalent de trente-deux kil. de zinc. Les nombres qui représentent les équivalents chimiques expriment les rapports généraux d'effets qui comprennent toutes les actions que les corps sont capables de produire. Lorsque nous prenons du zinc déjà uni d'une certaine manière à un autre métal, et que nous le mettons en contact avec de l'acide sulfurique étendu, il se dissout sous forme d'oxyde de zinc : il y a combustion du zinc aux dépens de l'oxygène que lui cède le liquide. Cette action chimique a pour résultat la formation d'un courant électrique qui, si on le conduit au moyen d'un fil, fait passer ce fil à l'état magnétique.

« Ainsi donc, en faisant dissoudre un kil. de zinc comme je viens de le dire, nous obtenons une certaine quantité de force capable, par exemple, de soulever à 1 centim. de hauteur un poids donné de fer, et de le tenir suspendu. Plus le zinc se dissoudra rapidement, plus le poids qu'il soulèvera et tiendra suspendu pourra être considérable. En interrompant et en rétablissant alternativement le contact du zinc avec le liquide acide, nous avons la faculté d'imprimer à la pièce de fer, sur laquelle agit la force motrice, un mouvement de va-et-vient vertical ou horizontal : par conséquent, nous possédons là un agent capable de faire mouvoir une machine quelconque.

« Jamais une force ne naît de rien. Dans l'exemple que nous venons de citer, nous savons que la puissance motrice est produite par la dissolution (par l'oxydation) du zinc. Mais si nous faisons abstraction du nom que l'on donne à la force motrice qui se développe dans ce cas-ci, nous savons que nous pouvons également la produire au moyen d'un appareil tout différent. Ainsi, lorsque nous faisons brûler du zinc sous la chaudière

Digitized by Google

d'une machine à vapeur, c'est-à-dire dans l'oxygène de l'air au lieu de l'oxygène de la pile galvanique, nous produisons de la vapeur d'eau, et, par le moyen de cette vapeur, une certaine quantité de force motrice. Si maintenant nous admettons (ce qui du reste n'est nullement prouvé) que la quantité de force obtenue soit inégale dans les deux cas de combustion du zinc, c'est-à-dire que nous obtenions deux ou trois fois plus de force, ou bien, si l'on veut, que la déperdition de force soit beaucoup moins considérable quand nous employons la pile galvanique, nous ne devons pas perdre de vue que le zinc peut être représenté par certains équivalents de charbon ; et nous devons les prendre pour éléments de notre calcul. D'après les expériences de Despretz, six kil. de zinc, en se combinant avec l'oxygène, ne développent pas plus de chaleur que la combustion d'un seul kil. de charbon : par conséquent, toutes choses étant égales d'ailleurs, un kil. de charbon produira six fois plus de force motrice qu'un kil. de zinc. Il est évident qu'en supposant la perte de force égale de chaque côté, il serait beaucoup plus avantageux de se servir du charbon au lieu de zinc, alors même que ce métal brûlé dans la pile galvanique produirait quatre fois autant de chaleur qu'un poids égal de charbon brûlant sous la chaudière d'une machine à vapeur. En un mot, il est extrêmement probable que, si nous brûlions sous la chaudière d'une machine à vapeur la quantité de charbon nécessaire pour fondre du minerai de zinc, nous obtiendrions une somme de force de beaucoup supérieure à celle que pourrait produire le zinc, sous quelque forme et dans quelque appareil que ce métal fût employé.

« Il existe entre la chaleur, l'électricité et le magnétisme un rapport analogue à celui que l'on observe entre les équivalents chimiques du charbon, du zinc et de l'oxygène. Avec une quantité donnée d'électricité, nous produisons une proportion correspondante de chaleur ou de force magnétique : la chaleur et la force obtenues sont réciproquement équivalentes. Nous nous procurons cette quantité déterminée d'électricité au moyen de l'affinité chimique qui, sous une forme, me donne de la chaleur, et, sous une autre, de l'électricité ou du magnétisme. Avec une certaine somme d'affinité, nous produisons un équivalent d'électricité ; de même, en sens inverse, avec une somme déterminée d'électricité, nous décomposons des équivalents de combinaisons chimiques. Ainsi donc la dépense de force magnétique correspond rigoureusement à la dépense d'affinité chimique. Dans la pile, c'est l'affinité chimique du zinc et de l'acide sulfurique qui produit la force motrice ; dans la machine à vapeur, c'est l'affinité du charbon et de l'oxygène du courant d'air. »

Si donc on songe, d'une part, au bas prix auquel on obtient le charbon de terre (le seul corps combustible qui se trouve, dans la nature, en masses considérables), on en conclut qu'aucun corps combustible ne peut lui être comparé, d'autant plus qu'en général ceux-ci n'ont pu être extraits de leurs combinaisons qu'à l'aide d'une quantité de charbon capable de produire une quantité de chaleur au moins égale à celle qui résulterait de leur nouvelle combinaison avec l'oxygène ou une force électro-magnétique équivalente.

NOTE.

L'important principe que nous avons cherché à établir ci-dessus, d'après M. S. Carnot, relativement au travail de la chaleur, peut, ce nous semble, être sinon vérifié aujourd'hui par les résultats des données expérimentales que fournit la physique actuelle, au moins être rendu tellement probable qu'on ne doive pas hésiter à l'admettre ; ce qui nous paraît d'autant plus nécessaire que nous croyons que c'est en partant de ce principe qu'on doit établir la véritable théorie des machines à feu, en apportant des corrections nécessaires aux formules proposées et admises aujourd'hui pour calculer le travail des machines à vapeur, et qui ne représentent les résultats de l'expérience qu'à l'aide de coefficients beaucoup trop considérables pour ne pas indiquer clairement l'insuffisance des formules primitives.

Ce même principe de l'égalité de l'action de la chaleur offre de plus l'utilité d'écarter tous les inutiles et coûteux essais, répétés encore chaque jour, pour remplacer la vapeur d'eau par les vapeurs d'alcool, d'éther, etc., et de faire disparaître toutes les chimères fondées sur l'emploi de la vapeur d'eau à très haute pression, dont les expériences de Perkins ont déjà démontré pratiquement l'inutilité.

La vérification de la loi établie ci-dessus consisterait à évaluer le travail produit à l'aide de tous les corps, par une même quantité de chaleur, en opérant théoriquement, sans perte, et à prouver que cette quantité est constante. Ce calcul ne peut être fait d'une manière tout-à-fait satisfaisante : il faudrait pour y parvenir des expériences spéciales. Toutefois on peut, à l'aide des évaluations des actions diverses de la chaleur sur les corps, obtenir quelques approximations.

Solides. Lorsque la chaleur agit sur un corps solide, pour l'échauffer de 1°, le travail produit (en considérant pour simplifier le cube égal à l'unité de volume) est égal pd, dans chaque sens, p étant l'effort moyen produit, d la dilatation linéaire, et $3pd$ est le travail total ; la quantité de chaleur absorbée est $c\,\delta$, c étant la chaleur spécifique pour l'unité de poids, et δ la densité ou le poids pour l'unité de volume. Le travail pour l'unité de chaleur est donc $\frac{3pd}{c\,\delta}$, quantité constante si la loi énoncée est vraie, et qui fournit un lien précieux entre les dilatations et les chaleurs spécifiques, quand on considère les actions physiques au point de vue du travail produit, point de vue trop souvent négligé.

Nous n'avons malheureusement pas d'évaluations des efforts p, qui peuvent être produits par la dilatation des solides, par la chaleur, et qui par suite puissent nous fournir la vérification cherchée ; (les coefficients d'élasticité avec lesquels ces efforts ont une relation intime, varient dans le sens indiqué par la formule ci-dessus, supposée égale à une constante). Il suffirait d'un petit nombre d'observations sur quelque corps pour vérifier cette loi, et déduire de la notation ci-dessus les efforts exercés par les divers corps dont on connaît les dilatations et les capacités, et déduire ainsi d'expériences déjà faites une donnée importante pour beaucoup d'applications industrielles. On pourrait aussi déduire les valeurs relatives de ces efforts, de la valeur théorique du travail de la chaleur que nous donnons plus loin.

Liquides. Pour les dilatations des liquides proprement dits, la question est la même que pour les solides, et les expériences ne nous fournissent pas de moyen de vérification de la loi énoncée. Mais il n'en est pas de même si on considère le point d'ébullition du liquide,

Digitized by Google

point où la plus grande partie de la chaleur sert à le vaporiser, et, en passant à l'état de chaleur latente, produit à pression constante un volume déterminé de vapeur.

Soit 1 kilog. d'un liquide quelconque, dont δ est la densité, occupant par suite un volume égal à $\frac{1}{\delta \times 1000}$ en mètres cubes. Si ce corps se réduit en vapeur, en occupant un volume égal à m fois son volume à zéro, ou $\frac{m}{\delta \times 1000}$ mèt. c., le travail produit sera égal au volume produit $\frac{m-1}{\delta \times 1000}$, multiplié par la pression atmosphérique égale à 10330 sur le mètre carré.

α, étant la température d'ébullition du liquide.

c, la chaleur spécifique du liquide, celle de l'eau étant prise pour unité.

d, la quantité de chaleur rendue latente par la vaporisation du liquide.

$c\alpha + d$ sera la quantité totale de chaleur absorbée par le liquide (c'est la quantité déterminée par les expériences de M. Despretz pour divers liquides), et le travail utile sera :

$$T = \frac{(m-1) \times 10330}{\delta\,(c\alpha + d)\,1000} \text{ pour une calorie.}$$

Eau. Pour l'eau :

$m = 1700$; $\delta = 1$; $c = 1$; $\alpha = 100$; $d = 550$

d'où $T = \frac{(1700-1)\,10330}{650 \times 1000} = 27$ kilogram. mèt.

Alcool. Pour l'alcool qui bout à 78°,40, on a :

$m = 520$; $\delta = 0{,}8$; $c\alpha + d = 255$

d'où $T = \frac{(520-1)\,10330}{0{,}8 \times 255 \times 1000} = 26{,}20$ kilogr. mèt.

Éther. Pour l'éther qui bout à 37°,8 :

$m = 218$; $\delta = 0{,}71$; $c\alpha + d = 109$

d'où $T = \frac{(218-1) \times 10330}{0{,}71 \times 109 \times 1000} = 29$ kilogram. mèt.

Le travail produit par l'unité de chaleur pour l'éther paraît être de 1/10 plus fort que pour l'eau; mais cette différence s'explique aisément, en supposant les chiffres exacts. En effet, le calcul suppose que, au point de départ, à zéro, la tension des deux corps est nulle; ce qui est à peu près vrai pour l'eau, mais non pour l'éther, pour lequel il faudrait prendre pour mesure de la tension produite la pression atmosphérique diminuée de la pression à 0°. On peut donc dire que sensiblement les volumes produits sont proportionnels aux chaleurs latentes, et par suite que le travail produit pour une calorie est le même pour les divers liquides.

Il est clair, au reste, que les chiffres ci-dessus ne représentent le travail d'une calorie que relativement à la résistance constante qu'oppose la pression atmosphérique; il resterait à utiliser le travail de la détente des vapeurs. Nous y revenons ci-après,

Gaz et vapeurs. — Air. Soit 1 kilogramme d'air à 0°, occupant 0,77 de mètre cube à la pression 0m,76; si on l'échauffe d'un degré, il se dilatera de 1/267 de son volume, et le travail produit par cette dilatation sera $\frac{1}{267} \times 0{,}77 \times 10330 = 29{,}3$ kilogr. m.

Si on laisse détendre ensuite le gaz (en supposant que la pression extérieure diminue), jusqu'à ce qu'il soit revenu à sa température primitive (on sait qu'il faut que l'air se dilate de 1/116 pour que sa température baisse de 1°), tout le travail dû à la chaleur aura été utilisé, puisque le gaz sera revenu à sa température primitive, et que la chaleur n'aura produit que des changements de volumes continus par l'effet de changements continus de température.

Le travail produit par cette utilisation de la chaleur sera peu considérable; car ne pouvant naître qu'autant qu'on diminue la pression de 1/116, la force élastique, due à l'utilisation de la chaleur, ne sera que 1/116 de la pression atmosphérique, et le volume $\frac{1}{116} \times 0{,}77$.

Le travail sera donc :

$$\frac{1}{116} \times 0{,}77 \times 10330 \times \frac{1}{116} = 0{,}50.$$

Le travail total produit est donc 29,80 + 0,50 = 30,3 kil. mèt.

Ce travail est celui correspondant à la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer 1 kil. d'air de 1°, quantité égale à 0,267 de calorie; le travail pour une calorie sera donc obtenu par la proportion

$$0{,}267 : 1 :: 30{,}30 : x$$

d'où $x = 113$ kil. qui doit être la valeur théorique du travail d'une calorie.

Le travail théorique d'un kil. de charbon serait donc $113 \times 7000 = 791{,}000$ k. m., et dans aucun cas, on ne saurait obtenir un travail supérieur.

Vapeur d'eau. Le travail d'un kil. de vapeur, renfermant, d'après Watt, 650 calories à toutes les températures, quelle que soit la pression, doit être constant, quand toute la chaleur est utilisée, et ne pas croître avec la pression.

Comparons la basse pression et une pression élevée de 10 atm., par exemple.

Le travail de l'action directe pr, est $10330 \times 1{,}70 = 17561$ k. m. pour le premier cas, et $10330 \times 10 \times 0{,}208 = 19350$ dans le second, c'est-à-dire de $\frac{1}{10}$ à peine plus considérable, la densité de la vapeur croissant avec la pression, et par suite le volume produit étant d'autant moindre que celle-ci est plus considérable; ce qui fait que le produit est presque constant. Or, 0,208 ou le volume, en m. cub., occupé par la vapeur à 10 atm., est celui que l'on obtient par le calcul, en admettant pour la vapeur d'eau le même coefficient de dilatation que pour l'air, ce qui est loin d'être démontré d'une manière suffisante; tandis que Southern a déduit d'expériences la loi : que les densités de la vapeur d'eau sont toujours en raison inverse des pressions, c'est-à-dire que le produit ci-dessus est constant. Admettant cette constance, nous prendrons 17500 k. m. pour le travail direct de la vapeur à toute pression, et $\frac{17500}{550}$ $= 31^{k.m.},80$ pour le travail d'une calorie. (Nous prenons 550 parce que la chaleur ne sert à produire de la vapeur qu'au-dessus de 100°, au-dessous son action de dilatation de l'eau n'est pas utilisée).

Cherchons à mesurer le travail complet de la détente, afin d'utiliser complétement le travail de la chaleur.

Un kilogramme de vapeur renfermant toujours, à saturation, d'après Watt, 650 calories (1), quelle que soit la tension de la vapeur, on doit nécessairement en conclure que la détente ne peut se produire qu'autant qu'il y a condensation successive d'une partie de cette vapeur, puisque celle-ci ne pourrait subsister avec une chaleur moindre, dans un espace plus grand que celui qu'elle saturait, et que l'expansion d'un gaz ne saurait avoir

(1) Nous raisonnerons en admettant la loi de Watt, bien que les expériences de M. Regnault aient démontré qu'elle n'est pas rigoureusement exacte, parce que les variations qu'il a trouvées dans les chaleurs latentes de la vapeur aux diverses pressions sont assez faibles pour ne pouvoir rien changer au résultat général du calcul, et pour pouvoir être négligées dans une approximation semblable à celle-ci, au moins jusqu'à ce que ce savant ait déterminé les autres données du calcul que nous essayons ici.

Digitized by Google

lieu sans absorber de la chaleur. La détente ne saurait donc se prolonger au-delà de l'absorption de 550 calories, puisqu'alors il ne resterait plus qu'un kil. d'eau à 100°, à l'état liquide.

Ce phénomène est indiqué aussi par quelques résultats d'expériences. M. Pambour rapporte avoir fait des expériences en plaçant des thermomètres et des manomètres à l'entrée et à la sortie de la vapeur dans des cylindres de locomotives, et avoir reconnu que pour des variations de pression de 4 atmosphères à $1^{atm},20$, les variations de température étaient celles indiquées par les expériences de Dulong, c'est-à-dire que la vapeur à la sortie était non de la vapeur à la température de celle à 4 atmosphères détendue à $1^{atm},20$, mais de la vapeur produite à l'état de saturation à $1^{atm},20$, qui s'était par conséquent refroidie par la détente, et dans l'état où elle pouvait être mélangée d'eau à l'état vésiculaire.

Cherchons à évaluer le travail de la détente en corrigeant la loi de Mariotte, de la diminution de volume due à la partie de la vapeur condensée, et en négligeant le faible volume que l'eau occupe à l'état liquide.

Soit a la pression d'un kil. de vapeur occupant le volume v au moment où elle cesse d'agir à pleine pression. Comme la vapeur ne peut se détendre sans absorber de la chaleur, et, comme nous venons de le dire, sans qu'il y ait condensation de vapeur, si la quantité de chaleur contenue dans celle-ci est constante, ou varie peu avec la pression, on doit tenir compte de cette condensation; et la pression en chaque instant doit être considérée comme celle fournie par la loi de Mariotte, moins la pression de la vapeur qui s'est condensée.

Or, on sait que la température d'un gaz baisse de 1° quand son volume augmente de $\frac{1}{116}$, admettant ce chiffre pour la vapeur, comme on admet le coefficient des gaz permanents pour sa dilatation, la température d'un volume v de vapeur passant au volume v' baissera de $\frac{v'-v}{v} \times 116°$.

Or, d'après Delaroche et Bérard, la chaleur spécifique de la vapeur d'eau est 0,84 de celle de l'eau ; le nombre de calories employé pour cette expansion sera $\frac{v'-v}{v} \times 116 \times 0,84$, et le rapport de ce nombre de calories à celui contenu dans un kil. de vapeur, à 550 indiquera la fraction qui s'est condensée, et par suite la diminution de pression qui en résulte.

Le volume v devenant $2v$, on a

$$\frac{2v-v}{v} \times 116 \times 0,84 = \ldots\ldots 97$$

et $\frac{97}{550} = 0,17$ quantité condensée.

Le volume $2v$ devenant $4v$, on a, la chaleur spécifique ne devant être prise que pour $1^k - 0,17$.

$$\frac{4v-2v}{2v} \times 116 \times 0,84 \times (1-0,17) = 97 \times (1-0,17 = 71,5)$$

et $\frac{71}{550-97} \times (1-0,17) = 0,15 \times (1-0,17) = 0,125$, fraction de vapeur condensée.

Le volume $4v$ devenant $8v$ on a :

$$\frac{8v-4v}{4v} \times 116 \times 0,84\ (1-0,17-0,125) = 97 \times 0,705 = 68$$

et la quantité condensée est :

$$\frac{68}{550-97-71} \times (1-0,17-0,125) = 0,105$$

A reporter. 236,50

Report. 236,50

Le volume $8v$ devenant $16v$, on a

$$\frac{16v-8v}{8v} \times 116 \times 0,85\ (1-0,17-0,125-0,105) = 97 \times 0,40 = 38,80$$

Total. . . 275,30

On voit que pour une détente égale à 16 fois le volume primitif, la moitié de la vapeur est condensée (bien entendu s'il n'y a pas réchauffement par une source de chaleur étrangère). La pression, au lieu d'être $\frac{1}{16}$ de a, n'est donc que $\frac{1}{32}$ de a. Si l'on compare la courbe dont l'aire indiquera le travail réel de la détente à la branche d'hyperbole, qui indiquerait le lieu des pressions représentées par les ordonnées calculées d'après la loi de Mariotte, on trouve que la partie à retrancher en partant de la pression a (où la différence est nulle), jusqu'à la pression $\frac{1}{2} \times \frac{1}{16}$ de a, pour une détente de 16 volumes, doit être à peu près équivalente à celle qui représente le travail de la vapeur, dont la pression varie de $\frac{1}{32}$ de a à zéro, quand celle-ci est complétement condensée. On peut donc prendre avec assez d'approximation le travail produit par la détente à 16 vol., suivant la loi de Mariotte, pour valeur du travail intégral de la vapeur. Or le travail à action directe pour 1^{mc} étant 1, celui pour 16 fois le volume primitif est $1 \times 3,80$ (voyez Poncelet, Introduction à la mécanique).

Nous avons vu que le travail produit par l'action directe d'une calorie, ou le produit pv était égal à $31^{k,m},80$ pour toutes tensions de vapeur, donc le travail intégral sera toujours $31,8 \times 3,80 = 120^{km}$, résultat qui confirme pleinement la loi énoncée par son rapprochement de celui trouvé pour l'air. qu'on doit même s'étonner de trouver aussi considérable, vu le peu de certitude de la plupart des données qui ont servi à l'obtenir.

Nous concluons donc que les données actuelles de la physique rendent tout à fait probable la loi qui, théoriquement, paraît incontestable, savoir : qu'une même quantité de chaleur complétement utilisée produit toujours la même quantité de travail, quel que soit le corps qui la reçoive.

La discussion ci-dessus indique que, pour utiliser complétement la force motrice de la vapeur, il faudrait que la détente fût poussée jusqu'à ce que la température de la vapeur devint égale à celle du condenseur, et qu'elle le sera d'autant mieux qu'on approchera davantage de cette limite extrême, dont on est forcé dans la pratique de rester fort éloigné.

L'influence si avantageuse des enveloppes, pour des machines dans lesquelles la détente est très grande, s'explique facilement. La vapeur, lorsqu'elle se détend, doit absorber avec rapidité la chaleur que fournit l'enveloppe, ce qui évite les diminutions de pression dues à la condensation ; et permet d'obtenir la même quantité de travail avec une moindre consommation de combustible que sans enveloppes, l'utilisation de la même quantité de chaleur ayant lieu avec un nombre moindre de coups de piston, et par suite, avec économie des pertes dues aux espaces morts, contractions et condensations partielles de la vapeur, etc.

Quant aux machines à haute pression, comparées à celles à basse pression, leur avantage consiste surtout en ce que les cylindres, pistons, etc., étant d'un diamètre bien moindre, puisque le travail est effectué par un moindre volume de vapeur, la machine devient beaucoup plus légère, et que la détente peut être utilisée beaucoup plus loin, sans que la puissance devienne moindre que la résistance ; mais théoriquement, les deux systèmes peuvent développer le même travail.

Digitized by Google

DEUXIÈME SECTION.

Organes de communication du mouvement d'une partie de machine à une autre, pour obtenir celui-ci dans une direction et avec une vitesse déterminées.

Avant de parler des organes de communication, nous ferons observer que, bien que nous devions dans ce travail considérer les organes des machines au point de vue géométrique, il est cependant sous-entendu que ceux-ci doivent satisfaire, autant que possible, aux conditions dynamiques, et que de deux solutions, la plus directe n'est préférable qu'autant qu'elle y satisfait aussi complétement que la plus compliquée.

Les principales conditions à remplir sont :

1° D'agir avec le moindre frottement ;

2° D'agir avec le plus de régularité possible, et par suite de ne pas mettre en jeu des forces d'inertie, qui doivent être successivement détruites à chaque période de la machine.

Le mouvement d'une partie de machine, quant à sa forme, peut être rectiligne, circulaire ou curviligne suivant une courbe quelconque.

Quant à sa direction, il peut se continuer toujours dans le même sens, être continu, ou se produire successivement d'avant en arrière et d'arrière en avant, être alternatif. Le mouvement d'une partie de machine étant limité, est nécessairement périodique quand il n'est pas continu ; le mouvement rectiligne, essentiellement alternatif dans les machines, ne peut être considéré comme continu que dans une partie de son mouvement ou dans quelques cas particuliers, dans des machines soumises à des alternatives de mouvement et de repos, le treuil, par exemple.

Dans les machines proprement dites, le mouvement rectiligne étant généralement alternatif, doit, autant que possible, être remplacé par le mouvement circulaire continu ; celui-ci, en effet, évite les destructions de travail qui résultent des changements de direction des mouvements alternatifs.

De la propriété du mouvement circulaire continu d'être au point de vue dynamique le mouvement par excellence, tant par la raison énoncée ci-dessus que par la régularité du mouvement, à laquelle contribuent toutes les pièces faisant action de volant ; et du peu de résistance des frottements des axes maintenus dans des coussinets, en comparaison de l'importance des frottements engendrés par les guides des parties qui doivent se mouvoir en ligne droite : on doit conclure que le mouvement circulaire, et surtout le mouvement circulaire continu, est d'une importance supérieure à celle de tous les autres.

On peut établir comme principe, qui ne sera pas contesté par les personnes qui ont étudié les machines, que le problème général de la transformation d'un mouvement quelconque en un autre, se réduit à la transformation d'un mouvement circulaire continu en un mouvement quelconque. Les organes qui constituent les solutions tant directes que réciproques de ce problème, comme il sera facile de voir par ce qui va suivre, comprennent presque tous ceux employés généralement dans les machines bien construites. MM. Lantz et Bétancourt, qui ont cherché à résoudre le problème d'un point de vue inutilement plus complet et tout théorique, sont obligés de décrire une foule de solutions imparfaites qu'on ne rencontrera jamais dans de véritables machines, ou qu'on aurait grand soin de remplacer par d'autres, afin d'éviter les chocs et les frottements auxquels elles donneraient lieu.

D'après cela, nous commencerons par les transformations du mouvement circulaire continu en une autre quelconque. Les solutions pouvant généralement produire les solutions inverses, fourniront presque toutes les transformations réellement usitées ; car tout mouvement produit se transforme, en général, en mouvement circulaire continu, pour fournir ensuite à l'outil le mouvement convenable par une nouvelle transformation de ce mouvement circulaire.

Nous étudierons les transformations de mouvement dans l'ordre indiqué par le tableau suivant :

TABLEAU DES TRANSFORMATIONS DE MOUVEMENT.

Mouvement circulaire continu en	**1. Circul. continu.**			
	2. Circul. alter. en	**5. Circul. alternat.**		
		6. Rect. continu en	**8. Rectil. continu.**	
			9. Rectil. alter. en	**10. Rectil. altern.**
		7. Rectil. alternat.		
	3. Rectil. continu.			
	4. Rectil. alternat.			

Mouvement continu ou alternatif, d'après une courbe donnée en mouvement quelconque et réciproquement.

Les solutions qui suivent doivent pouvoir s'étendre à toutes les variations possibles de vitesse (toujours inverses des forces pour une même quantité de travail), et aussi de position dans divers plans.

I. Mouvement circulaire continu en circulaire continu.

1° AXES SUR LA MÊME LIGNE.

Si les axes d'un récepteur et d'un outil peuvent être placés sur la même ligne, la communication a lieu directement en montant les deux parties sur le même axe. Les rapports de vitesse quelconque sont obtenus directement en faisant agir l'outil au point convenable d'un plateau monté sur l'arbre, et d'un diamètre convenable.

2° AXES PARALLÈLES.

Rouleaux. Si l'on divise la distance qui sépare les deux axes en deux parties, qui soient en raison inverse des vitesses que l'on veut donner aux deux axes, et, qu'avec ces rayons, on construise deux surfaces cylindriques, ces deux surfaces étant en contact mèneront (en supposant le frottement suffisant) les deux axes avec la vitesse voulue. En effet, les longueurs des circonférences, passant au point de contact, étant égales, si on appelle w, w', les vitesses angulaires, R, R' les rayons, on aura $Rw = R'w'$, ou $w : w' :: R' : R$, c'est-à-dire que les vitesses angulaires des arbres sont en rapport inverse des rayons. Pour éviter le frottement de glissement, on garnit les circonférences de peau de buffle, mais ce système ne peut servir qu'à transmettre des forces minimes entre des axes rapprochés ; pour les autres cas il faut passer aux systèmes suivants.

Courroies. Les courroies forment un excellent organe de transmission quand les axes sont éloignés, et les résistances peu considérables. On fixe sur les axes des tambours ou poulies, sur lesquels s'enroule une corde,

Digitized by Google

ou mieux une courroie de cuir; dans ce cas, la circonférence de la poulie, au lieu d'être creusée en gorge, est bombée, forme qui empêche la courroie d'abandonner la poulie. Quand la tension est suffisante pour déterminer un frottement supérieur à la résistance à vaincre, le mouvement a lieu sans glissement, et les vitesses seront, en raison inverse, des diamètres des tambours, puisque des longueurs égales de courroie se dérouleront dans le même temps sur chaque poulie. On obtiendra donc toutes les variations voulues de vitesse en faisant varier les diamètres des poulies. On emploie généralement à cet effet la disposition indiquée dans la fig. 1550, qui permet de faire varier les vitesses dans un rapport très étendu.

Si la variation de vitesse doit être continue, on remplace un des tambours par une surface conique, le long de laquelle la courroie s'avance par l'effet d'une griffe qui la pousse latéralement.

Quand le mouvement circulaire continu à obtenir doit être de direction contraire à celle du premier, on croise la courroie entre les deux tambours (fig. 1551). L'arc enveloppant étant plus grand, la courroie peut transmettre de plus grandes forces.

Les courroies sont un précieux organe de transmission, parce qu'elles causent peu de résistances nuisibles; que, si elles ne peuvent transmettre que des forces peu considérables, elles peuvent le faire avec de grandes vitesses, et par suite, opérer un travail utile important; enfin, que si la résistance croît par accident, la communication s'arrête, la courroie glissant alors sur son tambour, sans qu'aucun organe soit détruit.

Une courroie de communication de mouvement se compose de deux *brins* : le *brin conducteur* qui se déroule du tambour moteur pour s'enrouler autour de celui auquel le mouvement est communiqué; et le *brin conduit*, qui, du second tambour, revient rejoindre le premier. La tension du premier brin dépasse nécessairement celle du second, si ce n'est dans le cas de l'équilibre où la courroie est partout également tendue. La somme des tensions des deux brins est constante, même lorsque l'appareil est en mouvement.

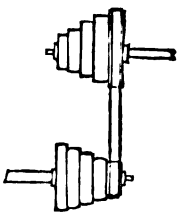
Nous empruntons à M. Morin la table suivante, qui sert à déterminer les dimensions des courroies; T, étant la tension du brin conducteur; t, la tension du brin conduit $T - t = Q$, l'effort transmis; K, le rapport de T à t, ou $K = \frac{T}{t}$, $T = Kt$; la table suivante comprend les valeurs de K.

Rapport de l'arc embrassé à la circonfer. entière	Valeur du rapport K.					
	Courroies neuves s.tamb. en bois.	Courroies à l'état ordinaire. s.tamb. en bois.	Courroies à l'état ordinaire. s. poul. en font.	Courroies humides sur poulies en fonte.	Cordes sur tambours ou treuils en bois. Brutes.	Cordes sur tambours ou treuils en bois. Polies.
0,20	1,87	1,80	1,42	1,61	1,87	1,51
0,30	2,57	2,43	1,69	2,05	2,57	1,86
0,40	3,51	3,26	2,02	2,60	3,51	2,29
0,50	4,81	4,38	2,41	3,30	4,81	2,82
0,60	6,59	5,88	2,87	4,19	6,58	3,47
0,70	9 «	7,90	3,43	5,32	9,01	4,27
0,80	12,34	10,62	4,09	6,75	12,34	5,25
0,90	16, 0	14,27	4,87	8,57	16,90	6,46
1 »	23,14	19,16	5,81	10,89	23,90	7,95
1,50	»	»	»	»	111,31	22,42
2 »	»	»	«	»	535,47	63,23
2,50	»	»	»	»	2575,80	178,52

Cette table rend bien compte de l'emploi fréquent, surtout dans la navigation, du frottement des cordes pour arrêter le mouvement, en montrant la valeur considérable du rapport K, quand on rend considérable la longueur de corde enroulée.

Pour établir une transmission de mouvement par une courroie, connaissant l'effort Q à transmettre on aura $T - t = Q$ ou $t(K-1) = Q$, d'où $t = \frac{Q}{K-1}$ d'où on déduira la valeur de t et T. En leur donnant une valeur supérieure de 1/10e pour se préserver des extensions des cordes et courroies, on sera certain d'éviter tout glissement.

La table ci-dessus montre que l'on peut conduire par des courroies des forces assez considérables en augmen-



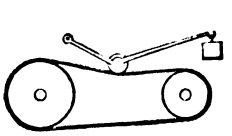
1550.



1551.

tant l'arc enveloppant. La largeur de celle-ci n'a, au contraire, aucune influence sur la résistance au glissement, et il n'y a aucun avantage à rendre cette dimension supérieure à celle qui est nécessaire pour que la courroie puisse résister aux efforts de traction qu'on peut évaluer à 0k,25, par millimètre carré de section.

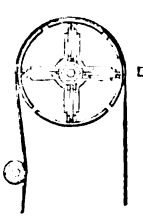
Quand la tension des poulies est insuffisante pour déterminer le mouvement, on emploie quelquefois un rouleau de tension (fig. 1552), qui détermine une pression convenable. Cette disposition peut permettre aux poulies de varier dans leur écartement (dans des limites déterminées par l'inflexion de la courroie) sans que leur mouvement de rotation cesse, la corde ne faisant que se tendre et relever le poids qui cause toujours un frottement suffisant pour déterminer le mouvement.



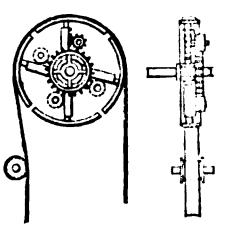
1552.

Le déplacement de la poulie de tension peut encore être mis à profit pour faire varier les vitesses relatives des deux axes en faisant varier le diamètre d'une des poulies. Cet organe, dit poulie à expansion, est employé dans quelques cas où la vitesse de l'opération doit être déterminée avec une rigoureuse précision, comme par exemple dans les machines à fabriquer le papier pour enrouler la feuille sortant de la machine.

Les fig. 1553, 1554, 1555 et 1556, représentent deux



1553. 1554.



1555. 1556.

exemples choisis parmi les nombreux appareils de cette nature. On voit que, dans ces deux cas, en faisant tour-

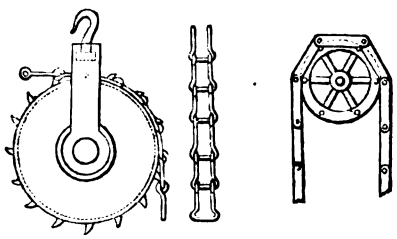
Digitized by Google

ner l'écrou à vis ou la roue dentée, montée sur l'arbre de la poulie, on agit soit sur les crémaillères, soit sur les articulations du système, et on fait ainsi varier le diamètre de la poulie conduite dont la surface est composée d'éléments disjoints. Le rouleau de tension déterminant toujours un frottement suffisant pour éviter le glissement, il est clair que la vitesse de l'axe mené par la roue à expansion variera en raison inverse du rayon de la poulie.

Chaînes à la Vaucanson. Quand les forces à transmettre sont assez considérables, la vitesse minime et les axes éloignés, on remplace les tambours par des roues portant des saillies. Les deux roues sont réunies par une chaîne sans fin, formée habituellement de petits rectangles entrelacés (fig. 1557 et 1558) dans lesquels entrent les dents des roues. Une de celles-ci ne peut se mouvoir sans entraîner l'autre. Ce système, qui engendre beaucoup de frottements, n'est pas ordinairement employé dans les parties des machines qui sont toujours en mouvement.

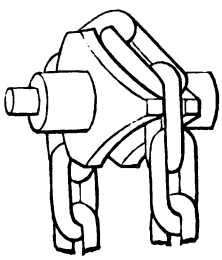
Quand elle doit servir à transmettre des efforts considérables, la chaîne de Vaucanson n'est plus retenue sur l'arbre au moyen de dents. On fait celui-ci polygonal, et on compose la chaîne de plaques boulonnées de longueur égale aux côtés du polygone (fig. 1559).

Cette disposition usitée pour les chaînes sans fin du banc à tirer, ne pourrait servir pour soulever les far-



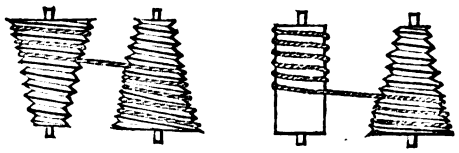
1557. 1558. 1559.

deaux, au moyen du treuil ou du cabestan, puisqu'il faut alors employer des chaînes qui puissent s'infléchir dans tous les sens. Les chaînes à mailles du commerce offrent bien cet avantage, mais elles se rangent difficilement sur la surface du cylindre d'un treuil, de manière à engrener en quelque sorte. M. Neveu a fort heureusement résolu ce problème par l'emploi d'un treuil dont la circonférence peut recevoir trois chaînons à plat (fig. 1560), et dont les parties plus resserrées peuvent recevoir trois chaînons de côté. La chaîne n'ayant pas besoin de s'enrouler plus d'un tour à cause du véritable engrenage qui résulte de cette disposition, et son autre extrémité étant pendante, elle s'enroule toujours régulièrement; ce qui n'a pas lieu sur les surfaces où les tours de la chaîne s'ajoutent de telle sorte que les saillies des maillons ne correspondent bientôt plus aux vides destinés à les recevoir, par l'effet des irrégularités de la chaîne qui vont en s'accumulant.



1560.

Si les vitesses, au lieu d'être assujetties à demeurer constantes et dans un rapport déterminé (en raison inverse des diamètres des tambours) doivent varier en chaque instant suivant une loi donnée, on transmet le mouvement par deux troncs de cône cannelés en spirale, placés dans des positions inverses (fig. 1561), ou un tronc de cône et un cylindre (fig. 1562). Une chaîne enroulée sur le cône se déroulant de celui-ci pour s'enrouler sur l'autre, produira un mouvement dont la vitesse angulaire variera en raison du tracé des spirales.

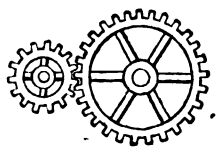


1561. 1562.

Cet organe est employé dans les montres pour égaliser l'action du ressort qui se détend.

ENGRENAGES. Le moyen le plus usité de communiquer le mouvement circulaire d'un axe à un autre avec la condition que les vitesses soient dans un rapport déterminé, consiste à garnir les circonférences de roues tangentes entre elles, montées sur ces axes, de saillies qui s'engagent les unes dans les intervalles des autres, et rendent ainsi le mouvement d'une des pièces solidaire de celui de l'autre. Ce dispositif constitue l'engrenage (fig. 1563).

La longueur des arcs de cercle passant au point de contact sera nécessairement égale dans les deux roues; les vitesses seront donc entre elles dans le même rapport que les rayons de ces roues, et par suite dans un rapport constant.



1563.

On appelle *cercles primitifs*, les cercles tangents, tracés avec des rayons obtenus en divisant la ligne qui joint les centres dans le rapport inverse du nombre de tours que doivent faire les axes dans le même temps. On appelle *dents*, les saillies dont elles sont garnies, et *pas* de l'engrenage l'intervalle compris entre deux mêmes parties de dents consécutives, mesurées sur les cercles primitifs.

Nous empruntons à M. Poncelet l'exposé des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé des engrenages.

Première condition. La simplicité de la solution et la facilité de l'exécution matérielle des engrenages exigent que les dents d'une même roue soient toutes égales et disposées régulièrement autour de la couronne. Mais il n'est pas nécessaire que l'épaisseur, c'est-à-dire la dimension comptée sur la circonférence primitive soit la même d'une roue à l'autre. Pour une roue en fer, la dent sera bien moins épaisse que pour une roue en bois; il faudra aussi plus d'épaisseur aux dents de la roue qui tourne le plus vite, parce qu'elles éprouvent plus d'usure.

Deuxième condition. Le *pas* doit être le même, non seulement d'une dent à l'autre, mais encore sur les deux roues; car le pas se compose sur chaque roue de l'épaisseur de la dent, plus l'intervalle correspondant à l'épaisseur de la dent de l'autre roue. Il en résulte que les nombres de dents sont proportionnels aux diamètres des circonférences primitives, de sorte que l'une ayant, par exemple, quinze dents, l'autre en aura trente, si le rayon de celle-ci est double de celui de la première. Une dent, pendant son engrènement avec une roue, se

Digitized by Google

trouvant logée entre deux dents de celle-ci, il faut laisser un certain jeu qu'on réduit à 1/12me de l'épaisseur des dents dans les roues bien construites, et à 1/6me dans celles construites grossièrement.

Troisième condition. Comme il arrive souvent, dans les machines, que les roues ne tournent pas toujours dans le même sens, il faudra que chaque dent soit terminée symétriquement par deux courbes semblables afin qu'elle soit propre à conduire les dents de l'autre ou à être conduite indifféremment.

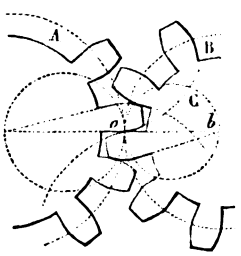
Quatrième condition. Quand les dents des deux roues s'approchent de la ligne qui réunit les centres elles vont à l'encontre l'une de l'autre. Lorsqu'au contraire elles s'en éloignent, elles tendent à s'écarter. D'après cela, on doit faire en sorte, autant que possible, que les dents ne commencent à se pousser qu'à partir de l'instant où elles sont arrivées à la ligne des centres ; condition qu'on ne doit cependant considérer comme essentielle, que pour les engrenages construits avec peu de soin. On évitera ainsi des arcs-boutements nuisibles. La forme des dents n'est jamais celle d'une courbe concave, d'un carré ou d'un trapèze, non parce que les roues ne sauraient ainsi se transmettre un mouvement uniforme, mais bien à cause des arcs-boutements dangereux qui en résulteraient si les dents de cette espèce se rencontraient avant la ligne des centres.

Cinquième condition. Les dents doivent toujours avoir une forme arquée qui leur permette de se mettre en tangence l'une à l'autre dès qu'elles sont en prise. De plus, le tracé des faces qui se poussent est déterminé par la condition que la vitesse d'une roue soit transmise à l'autre dans un rapport constant.

Tracé des engrenages. La forme des dents d'une roue étant déterminée, la forme que doivent avoir les dents de l'autre roue est la surface enveloppe de la première. Ainsi, si on trace en plan la courbe d'une dent dans toutes les positions qu'elle occupe, en supposant que les cercles roulent l'un sur l'autre, la suite des intersections de ces courbes formera le profil de la dent de la seconde roue. Elle jouira évidemment de la propriété de rester en contact continu avec la première.

La simplicité de la solution pour l'application pratique a fait adopter diverses surfaces simples ayant pour enveloppes d'autres surfaces faciles à exécuter, comme des cônes, des cylindres, et en général, des surfaces développables.

Dents à épicycloïdes. On satisfait à la condition que nous venons d'énoncer, en donnant aux dents la forme d'epicycloïdes, c'est-à-dire de courbes décrites par un point de la circonférence d'un cercle roulant sur les circonférences primitives. Soient A et B (fig. 1564), les circonférences primitives, si on fait rouler un cercle C autour des deux cercles A et B (intérieurement pour celui-ci) un même point de la circonférence décrira deux courbes qui pourront être prises pour dents des deux roues, car le contact pour une même longueur de circonférence passée au point de tangence aura toujours lieu en une position correspondante à une position du point *o* déterminé par une égale rotation.



1564.

Le diamètre du cercle auxiliaire C peut être quelconque ; mais si on le prend égal au rayon de B, l'épicycloïde intérieure que décrira son point *o* sera une ligne droite, précisément le rayon *o b* du cercle B, ce qui rendra la construction extrêmement simple (voir plus loin la démonstration de ce théorème due à Lahire).

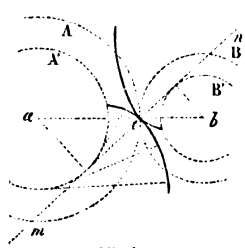
Pour que les roues puissent se conduire indifféremment l'une l'autre, condition essentielle, on se sert du rayon de l'autre cercle A pour déterminer l'épicycloïde qui forme les parties courbes des dents extérieures qu'on ajoute aux rayons de B, et servent à conduire au besoin les rayons du cercle A.

Tracé pratique. La courbe qui forme les contours des dents étant en général de peu d'étendue, se confond sensiblement avec un cercle qui serait tangent vers le milieu de la courbe. La question se réduit à déterminer le centre du cercle qu'on substitue.

Dans les cas les plus ordinaires où les cercles ne sont pas trop petits par rapport aux dimensions des dents, où par suite la courbure est peu rapide, on prend ordinairement pour centre de la courbe d'une dent la naissance de la dent suivante, mesurée sur le cercle primitif, et pour rayon le pas de l'engrenage mesuré sur ce même cercle. Lorsque des pignons très petits, destinés à transmettre des efforts très considérables, devront avoir des dents très épaisses et que la courbure devra être très sensible, on pourra déterminer le centre et par suite le rayon du cercle destiné à remplacer la courbe, par la condition qu'il passe par la naissance et l'extrémité ou le dernier point de contact, qui est toujours facile à déduire de l'amplitude adoptée pour le contact de part et d'autre de la ligne des centres. En élevant une perpendiculaire au milieu de la ligne qui joint ces deux points, elle rencontrera la circonférence du cercle primitif en un point qui sera le centre cherché, et le rayon sera donné immédiatement. Cette méthode pratique ne s'applique qu'aux cas où les dents ont peu de longueur.

Engrenage à développante de cercle. L'engrenage à épicycloïdes, qui est habituellement employé, offre cependant plusieurs inconvénients : 1° les pressions augmentent sur les dents à mesure qu'elles s'éloignent de la ligne des centres, ce qui tend à les faire user inégalement ; 2° le tracé des dents de l'une des roues dépendant du rayon du cercle primitif de l'autre roue, l'on ne peut faire conduire par une même roue des pignons de différents diamètres ; 3° si les axes éprouvent le moindre déplacement, l'engrenage n'est plus exact.

Une autre solution du problème des engrenages évite ces inconvénients. Les pressions sur les dents y sont constantes, on peut faire varier la distance des axes pour laquelle les tracés ont été faits, le contact ayant lieu suivant une ligne droite ; enfin le tracé est d'une grande simplicité. Soient A,B (fig. 1564), les cercles primitifs, *a*, *b*, leurs centres ; par leur point de contact *t*, menons une ligne quelconque *m n*, abaissons des deux centres des perpendiculaires sur ces lignes, et avec les longueurs de ces perpendiculaires pour rayons, décrivons les deux cercles A', B'. Ces deux cercles seront dans le même rapport que les cercles primitifs. Si on considère la ligne *m n* comme un fil tendu et qu'on l'enroule successivement autour des circonférences A' et B', le point *t* decrira des portions de développantes qui seront les courbes des dents.



1564.

Il est évident que dans le mouvement le contact aura toujours lieu sur la ligne droite *m n*, et que les dents transmettent le mouvement entre les roues de la même manière que si cette ligne qui est tangente aux deux cercles s'enroulait sur l'un en se déroulant sur l'autre.

Les roues devant se conduire dans les deux sens, les

Digitized by Google

dents doivent être symétriques des deux côtés, et afin d'éviter que, par la trop grande courbure, leurs extrémités ne soit trop affaiblie, il faut donner à la ligne mn le moins d'inclinaison possible.

Quant à la longueur totale des dents, on la détermine facilement en traçant celles-ci dans la position extrême où elles doivent agir avant et après la ligne des centres en les coupant suivant des arcs de cercles, concentriques aux roues, passant par le point de contact.

Il est clair que si l'on rapproche ou recule les deux axes a, b, l'un de l'autre, cela ne change rien à la forme des dents, engendrées par la développante des mêmes cercles, la tangente et le point de contact seuls changent; le contact ayant toujours lieu suivant la direction de la tangente commune aux deux cercles A', B', la pression normale aux courbes en contact aura toujours lieu suivant la direction de cette tangente, elle demeurera donc constante.

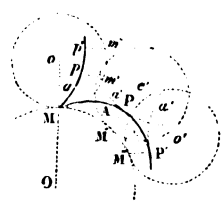
Il n'en est pas de même pour les engrenages à épicycloïdes; car alors les moments des forces qui se conduisent, et qui, par suite, sont égaux, donnant $Pp = P'p'$; les longueurs p, p', des moments n'ont plus, comme dans le cas précédent, toujours des valeurs constantes, mais des valeurs variables suivant le point de contact; les pressions vont donc en s'augmentant à mesure que le point de contact approche de l'extrémité de la dent.

Le frottement étant proportionnel à la pression, il en résulte que les engrenages à développantes s'usent uniformément, tandis que les engrenages à épicycloïdes s'usent plus vers l'extrémité de leurs dents qu'en leur milieu. Les dents des premières conservent donc toujours leurs formes en s'amincissant, tandis que celles des secondes se déforment et s'arrondissent vers leurs extrémités.

Ces engrenages offrent encore l'avantage précieux qu'une même roue peut conduire exactement plusieurs roues d'engrenage de diamètres différents, pourvu qu'elles aient le même pas.

Construction pratique des dents d'une roue quand le profil des dents de l'autre roue est donné. Nous donnerons ici le tracé qu'indique M. Poncelet pour une forme quelconque de dents, et qui permet de les obtenir avec facilité. Il est adopté par plusieurs bons constructeurs.

Le profil MA (fig. 1566), des dents de la roue O étant donné, pour construire celui des dents de la roue o, il faut faire rouler le cercle o sur le cercle O, et de chaque point de contact M', M'', abaisser une perpendiculaire M' P, M'' P', sur la courbe M A. Les pieds P, P', sont des points de la courbe M a, profil des dents de la roue o.



1566.

Mais, pour faire cette construction, il n'est pas nécessaire de déplacer le cercle o, il suffit de prendre sur sa circonférence des arcs M m', M m'', égaux aux arcs M M', MM'', et d'abaisser les normales $m'p$, $m''p'$. Prenant ces normales égales à celles M' P, M'' P', pour rayons, on décrit des points m', m'', de petits arcs de cercles suffisamment rapprochés, et l'on trace la courbe M a, tangente à tous ces cercles, qui est la courbe cherchée.

Cette construction est fondée sur le principe fondamental que la normale, au point de contact des dents, passe toujours par le point de contact des circonférences primitives.

Dimensions des dents. Largeur. Autrefois on donnait aux dents des engrenages une très grande épaisseur et une largeur (dans le sens de l'axe) égale à environ deux fois cette épaisseur. Mais on a reconnu que le frottement absorbait d'autant plus de travail que le contact avait lieu plus loin de la ligne des centres; on a donc trouvé avantage à augmenter les largeurs des dents dans le sens de l'axe et à diminuer leur épaisseur. On leur donne en général une largeur égale à 4 fois leur épaisseur quand la vitesse n'excède pas 1m,50 à la circonférence, et 5 fois pour les vitesses supérieures, afin de compenser les effets de l'usure.

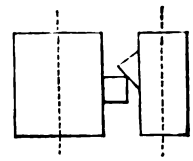
Saillie. On ne donne pas en général à la saillie plus de 1,50 de l'épaisseur de la dent.

Épaisseur. L'épaisseur varie avec la force que l'engrenage doit transmettre, soit P cette force en kil., b l'épaisseur de la dent en centimètres, mesurée sur la circonférence primitive; on déduit de l'observation des dimensions adoptées par les meilleurs constructeurs, pour des roues établies d'ailleurs comme il est dit ci-dessus.

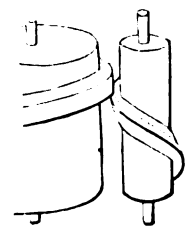
Pour les dents en fonte . . . . . $b = 0{,}405\sqrt{P}$,
id. en bronze ou cuivre $b = 0{,}431\sqrt{P}$,
id. en charme, sorbier $b = 0{,}438\sqrt{P}$.

Frottement. Les circonférences primitives se mouvant avec une égale vitesse, et les dents des deux roues n'étant pas égales, il faut nécessairement qu'il y ait glissement et frottement entre celles-ci, et par suite résistance nuisible. Il a paru longtemps impossible de construire des engrenages donnant des vitesses angulaires uniformes et n'ayant qu'un frottement de roulement. Le mécanicien Withe construisit, en 1821, des roues dentées auxquelles il attribuait cette propriété sans pouvoir le démontrer. En 1825, M. Olivier en donna une théorie complète, qui a déjà reçu de curieuses applications. Nous renvoyons à son intéressant mémoire les personnes curieuses d'approfondir cette question, nous contentant de donner idée du principe.

Considérons (fig. 1567 et 1568) les deux cylindres qui ont pour base les deux circonférences primitives

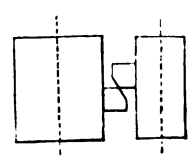


1567.



1568.

et pour axes les arbres à conduire. Si on suppose les deux cylindres développés successivement sur un plan tangent passant par leur arête de contact, et une ligne inclinée tracée sur ce plan, en reformant les cylindres, cette ligne formera sur chacun une hélice; et quand ils rouleront l'un sur l'autre, les parties correspondantes de ces hélices viendront successivement en contact. Si donc celles-ci sont saillantes, ou, pour mieux dire, si on arme les deux cylindres de dents saillantes héliçoïdales dont le contact ait lieu suivant ces lignes, elles formeront un engrenage sans frottement de glissement.



1569.

On voit que le glissement est évité, puisque le contact qui change de plan à chaque instant a lieu sur des longueurs égales. Le tranchant s'émousse avec le temps

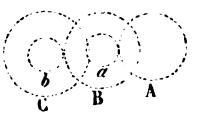
Digitized by Google

(fig. 1569), mais l'arête se trouve remplacée par une partie circulaire pour laquelle le contact a lieu comme sur l'arête vive. Ces engrenages sont dits de précision. Le contact n'ayant lieu qu'en un point, ils ne pourraient, sans s'user très rapidement, transmettre des efforts considérables. M. Bréguet fils les a utilisés avec un grand succès pour faire mouvoir des plateaux légers avec une vitesse extrêmement considérable. Pour des roues de peu d'épaisseur, les hélices, se rapprochant de lignes droites inclinées, sont faciles à exécuter,

Vitesses. Les engrenages décrits peuvent servir à transformer un mouvement circulaire continu en un autre de même nature d'une vitesse quelconque. Quant à la direction, celle de la seconde roue est inverse de celle de la première; on obtiendra donc une direction de même sens, s'il est nécessaire, par une troisième roue.

Remarquons que le rapport des vitesses angulaires des roues extrêmes d'un système composé de roues engrenant chacune avec la suivante est le même que si ces roues extrêmes étaient immédiatement en contact, puisque les mêmes longueurs des diverses circonférences primitives passent toujours aux divers points de contact.

Lorsque le rapport des vitesses angulaires autour de deux arbres donnés doit être considérable, on emploie souvent plusieurs engrenages situés dans des plans parallèles au lieu d'un seul engrenage.



1570.

Une première roue A (fig. 1570) engrène, par exemple, avec une autre roue d'un rayon bien moindre, qu'on appelle *pignon ;* sur le même axe que le pignon *a* est montée une roue B solidaire avec lui. La roue B engrène avec un second pignon *b* sur l'axe duquel est montée une roue solidaire C.

w, w', w'', étant les vitesses angulaires autour des axes des trois roues A, B, C, soient R, R', R'', les rayons des roues ; r, r', ceux des pignons *a*, *b*, on aura :

$$w \times R = w' \times r$$
$$w'' \times r' = w' \times R'$$

et divisant :

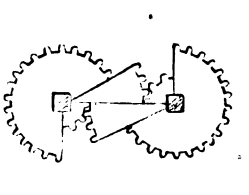
$$\frac{w}{w''} = \frac{r \times r'}{R \times R'}$$

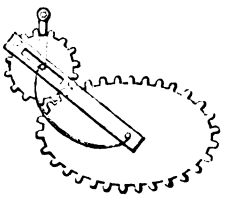
c'est-à-dire que la vitesse angulaire de la première roue est à celle de la dernière comme le produit des rayons des pignons est au produit des rayons des roues agissant sur le dernier pignon.

Si au lieu de rester constante pendant toute la rotation, la vitesse des deux arbres devait être dans un rapport différent dans une partie de la rotation, on pourrait employer, à cet effet, la combinaison d'engrenages représentée fig. 1571. Les deux roues sont interceptées dans une partie de leur circonférence et remplacées par des segments d'autres roues montés sur les mêmes arbres dont les rayons sont en raison inverse des nouvelles vitesses qu'il s'agit d'obtenir.

Le grand défaut de semblables systèmes réside dans la difficulté du passage d'une roue à l'autre. Les dents des diverses roues animées de vitesses différentes ne peuvent être en prise en même temps sans qu'il y ait cause de destruction des dents, les vitesses ne correspondant plus aux nouvelles circonférences primitives ; il faut donc laisser un certain intervalle entre les unes et les autres, le passage ayant lieu par la continuation du mouvement par suite de l'inertie des diverses parties de la machine, mais il en résulte un choc à la reprise des dents des nouvelles roues.

Ce système de roues dentées est donc, en réalité, très imparfait, aussi n'est-il guère employé. Il en est de même le système représenté (fig. 1572), dans lequel une des roues est de forme elliptique.

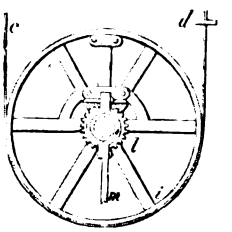

1571.


1572.

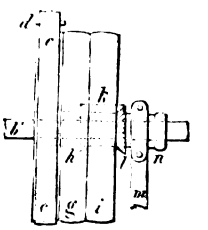
Mouvement différentiel. On appelle mouvement différentiel celui produit par la combinaison de deux vitesses. Ce genre de mouvement est employé fréquemment aujourd'hui dans les métiers à filer pour communiquer le mouvement entre des axes parallèles.

Nous empruntons le dessin d'un appareil de ce genre (dont l'effet repose sur l'emploi d'engrenages) à M. E. Saladin, de Mulhouse, qui a fait une étude toute spéciale de ce genre de mouvement.

Transmission à deux vitesses. Le mouvement est imprimé (fig. 1573 et 1574) par une courroie *c*, passant sur une poulie placée sur l'arbre moteur ; *d*, guide de la courroie ; *e*, poulie folle placée sous la courroie *c* ; *h*, roue d'angle fixée sur la douille de la poulie fixe *g* ;



1573.



1574.

i, poulie folle de même diamètre que les deux premières servant à la double vitesse ; *k*, deuxième roue d'angle portée transversalement par la poulie *i*, à ajustement libre et engrenant avec la première *h* ; *l*, troisième roue d'angle à douille de même nombre de dents que la première *h*, engrenant avec la seconde *k*, et montée librement sur l'arbre *b'* ; *m*, frein serré sur la douille de la roue d'angle *l*, et fixé à la machine que doit commander la transmission.

Lorsque la courroie *c* passe de la poulie folle *e* sur la poulie fixe *g*, elle transmet à cette dernière la vitesse qu'elle reçoit du tambour moteur *b* ; mais lorsqu'elle commande la poulie *i*, l'arbre tourne avec une vitesse double.

En effet, si nous faisons abstraction de la roue *l*, et que nous supposions pour un instant la poulie *i* assemblée sur l'arbre, les poulies *g*, *i*, tourneront ensemble d'une même vitesse, et les deux roues d'engrenages tourneront avec elles sans agir. Mais lorsque, par l'action du frein, la roue *l* vient à agir sans tourner avec l'axe, la vitesse de la poulie à la circonférence restant constante, la roue *k* tourne et transmet à la roue *h* une rotation supplémentaire qui est précisément d'un tour entier par chaque tour de la poulie, puisque chaque dent se retrouve à la même place après chaque tour ; il y a donc eu une rotation de l'axe due aux roues d'engrenages, en outre de

Digitized by Google

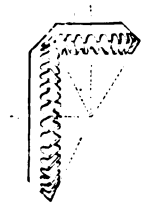
celle due à la poulie ; la vitesse de l'arbre sera donc double.

Si, au lieu d'être immobile, la roue *l* avait une vitesse angulaire *v'*, la vitesse de l'arbre deviendrait $v \pm v'$, (*v* étant la vitesse angulaire de l'arbre communiquée par la courroie *g*), suivant que le mouvement initial de la roue *l* serait en sens contraire ou dans le même sens que celui imprimé par la courroie.

Il faut observer que lorsque la double vitesse commence, le frein *m* doit laisser glisser un peu la roue *l*, lorsque l'effort est trop grand, dans le but d'éviter le changement instantané de vitesse et les ruptures qui pourraient en résulter.

3° AXES QUI SE RENCONTRENT.

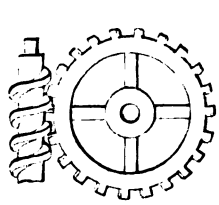
L'angle que forment les deux axes (fig. 1575) étant divisé par une ligne, de telle manière que les longueurs des perpendiculaires abaissées d'un point de cette ligne sur les axes soient en raison inverse des nombres de tours qu'ils doivent faire ; cette ligne engendrera, par sa rotation autour de chaque axe, des cônes qui remplissent, pour la construction de l'engrenage conique, le même rôle que les circonférences primitives dans l'engrenage cylindrique. On peut, par les ressources de la géométrie descriptive, tracer les formes rigoureusement exactes des dents, soit à épicycloïdes, soit à développantes, en considérant des courbes engendrées de la même manière, non sur un plan, mais sur une sphère ayant pour centre le sommet des deux cônes. Ces courbes s'appellent épicycloïdes sphériques, développantes sphériques. En réalité, voici comment on opère avec une précision suffisante : On fait le tracé d'engrenages plans correspondants aux cercles des surfaces supérieures et inférieures des roues d'angles, ou mieux encore des secteurs correspondant au développement des cônes à angles très obtus qui terminent ces parties. On emploie ensuite ces tracés en guise de panneaux pour les reporter sur ces surfaces et déterminer ainsi les formes et les emplacements des contours extrêmes des dents à l'aide desquelles on trace les génératrices rectilignes de leur surface.



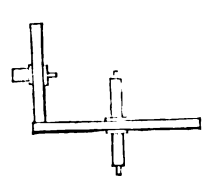
1575.

4° AXES QUI NE SE RENCONTRENT PAS, NE SONT PAS DANS UN MÊME PLAN.

1° *Formant un angle droit ou qui s'en éloignent peu.* Dans ce cas particulier, l'organe fréquemment employé est celui représenté par la fig. 1576, représentant une roue dentée menée par une vis sans fin. Les dents de la roue rencontrant les plans toujours inclinés de la



1576.



1577.

surface héliçoïdale, le mouvement sera transmis d'un axe à l'autre ; les dents de la roue sont formées par des cylindres engendrés par des développantes et les génératrices inclinées dans la direction de la tangente à l'hélice au point de contact, afin que celui-ci ait lieu suivant une ligne droite. Cet organe n'est guère employé que pour communiquer de petites forces.

Pour des forces encore moindres, on peut employer le système de deux roulettes reposant la jante de l'une sur le plat de l'autre (fig. 1577). Le mouvement de la seconde fera marcher la première, pourvu que la résistance de l'axe ne dépasse pas celle du frottement de glissement. Cet organe a été employé avantageusement dans des compteurs.

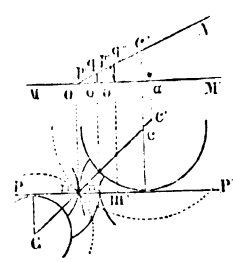
2° *Cas général.* En général, on résout ce problème en joignant les deux axes par un troisième auxiliaire auquel le mouvement est transmis du premier axe par une roue d'angle, qui le transmet de la même manière au second.

Le problème a néanmoins été résolu directement par M. Olivier. Les dents de l'une des roues sont à développantes et ne diffèrent pas de celles d'un engrenage cylindrique, celles de l'autre roue sont formées d'une surface heliçoïde développable, et le contact a toujours lieu suivant une ligne droite. La construction de ces engrenages est une des plus belles applications des méthodes de la géométrie descriptive. La vis sans fin est, en réalité, un cas particulier de ce problème qui eût dû mener plus tôt à la construction générale s'il avait été étudié avec soin. Le seul inconvénient de ces engrenages est de ne pas être à retour ; mais ils offrent le grand avantage de permettre, au moyen d'une seule roue, de communiquer le mouvement à plusieurs autres roues à la fois dont les axes sont dans des plans quelconques.

Cherchons à donner idée du principe fondamental de la construction de ce système et à exposer les données desquelles, à l'aide des procédés de la géométrie descriptive, on peut déduire les tracés nécessaires à l'exécution.

De la propriété de l'engrenage plan à développantes, que le contact a toujours lieu sur la normale commune, qui est la tangente commune aux cercles moyens des cylindres des roues, il résulte que si on fait tourner une des roues autour de cette tangente, les deux engrenages se toucheront toujours par un point situé sur cette tangente commune. La première roue restant la même, cherchons les modifications qu'il faudrait faire subir aux dents de la seconde roue, quelle surface devrait être engendrée par des génératrices passant par une section faite par le milieu de l'engrenage à développantes fournissant déjà un point de contact, pour que le contact ait lieu suivant une ligne droite.

Traçons l'engrenage plan comme à l'ordinaire, et dans un plan MM' (fig. 1578) perpendiculaire au premier, traçons ON, trace du plan de la seconde roue après sa rotation. Soient O, O', O'', les projections des points de contact successifs *m*, *m'*, *m''*, ils se projeteront sur ON, en des points *p*, *p'*, *p''*, obtenus en décrivant des arcs de cercle du point O comme centre avec les rayons *o o'*, *o o''*. Si donc on prenait pour génératrices des surfaces des deux roues les cordes *p' o'*, *p'' o''*, le contact aurait évidemment lieu suivant ces lignes qui passent par les points de contact. Ces lignes formant avec le plan de chaque roue un angle égal, et de la moitié du supplément de l'angle des deux plans ; elles constituent une surface développable héliçoïdale,



1578.

Digitized by Google

puisque ces arêtes étant situées lors du contact dans le plan vertical PP', leurs projections horizontales sont les normales aux développantes, leurs arêtes de rebroussement sont donc situées sur les surfaces des cylindres.

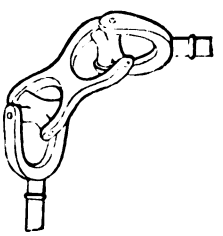
Mais, ainsi que nous l'avons dit, ce ne sont pas deux surfaces héliçoïdales qu'on emploie pour former les dents, on trouve bien plus avantageux de conserver la première roue cylindrique à développantes et par suite d'une construction facile.

Dans ce cas, les projections des arêtes passant au point de contact deviennent $o'\ q'$, $o''\ q''$. Les points p', p'', ne peuvent plus alors venir en contact. Mais si on recule la roue C dans le prolongement de son rayon en C', déterminé en projetant le centre C sur MM', prolongeant jusqu'en C' et rabattant par un arc de cercle; il est évident que les points q', q'', seront alors les projections des points de contact p', p'', de la seconde roue, et que le contact aura lieu suivant ces arêtes, si on les prend pour génératrices des dents de la surface héliçoïdale de la seconde roue, génératrices inclinées sur le plan de cette roue d'un angle égal au complément de l'angle des deux plans.

M. Olivier a montré encore dans son beau travail sur les engrenages qu'on pouvait obtenir aussi un engrenage de pression, c'est-à-dire où le contact a lieu suivant une ligne droite, pour des axes dans une position quelconque, en taillant les dents des deux roues au moyen d'une vis et de l'écrou correspondant. Il a fait établir une curieuse machine à diviser, basée sur ce principe.

Charnière universelle. Cet organe (fig. 1579) permet de transmettre le mouvement de rotation d'un axe à un autre situé non seulement dans un autre plan, mais pouvant encore varier de position.

Les deux axes entre lesquels le mouvement doit se communiquer se terminent par deux branches formant un demi-cercle. La fig. 1579 montre comment ces parties s'assemblent par un double système de croix et comment le mouvement se communique par cet assemblage d'un axe à l'autre.

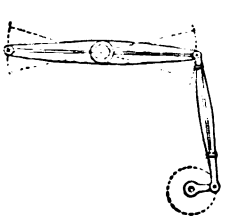


1579.

Cet organe ne peut servir que pour la transmission des forces peu considérables à cause des frottements de toutes les articulations et des torsions qui tendent à se produire.

II. Mouvement circulaire continu en circulaire alternatif.

BIELLE ET MANIVELLE. Le véritable organe opérant cette transformation d'une manière continue est la bielle (fig. 1580), qui, au moyen de la manivelle, transmet le mouvement circulaire de manière à imprimer à l'extrémité d'un balancier un mouvement circulaire alternatif ou réciproquement. Cet organe ne laisse rien à désirer. Les frottements n'y sont pas considérables, et de plus il offre cet avantage que la vitesse d'élévation ou de descente du balancier va en décroissant vers les extrémités de sa course pour une même vitesse de la roue. Il en résulte que les pertes de travail résultant du changement de direction à la fin de chaque oscillation sont très faibles, et que le désavantage du mouvement alternatif est ainsi diminué.

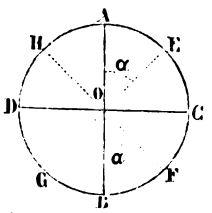


1580.

La propriété des bielles et manivelles de décrire des espaces rectilignes variables pour de mêmes vitesses angulaires, d'où résultent des variations de vitesse par l'application d'une force motrice constante est quelquefois un inconvénient. Il est évité en général au moyen de l'appareil régulateur, dit volant, dont l'effet compense ces variations périodiques.

Quand le volant ne peut être employé, comme pour l'élévation des fardeaux, la manivelle est moins avantageuse que le levier; on emploie, dans ce cas, deux manivelles à angle droit l'une sur l'autre.

L'emploi de manivelles multiples diminue les limites de variations de vitesse. Avec une seule manivelle le moment de la force varie de 0 à Pr, en partant (figure 1581) du point A pour arriver au point C.



1581.

Manivelles doubles. Si au lieu d'appliquer la force P par une seule manivelle agissant au point E on fait agir deux forces égales à 1/2 P sur deux manivelles assemblées aux points E et F (l'angle EOF étant de 90°), le moment de la première variera de 0 à 1/2 Pr tandis que celui de la seconde variera de 1/2 Pr à 0. Les angles α et α' étant évidemment complémentaires quand les manivelles se déplacent, le moment sera pour une position quelconque :

$$M = \frac{1}{2} Pr\ (\sin.\ \alpha + \cos.\ \alpha)$$

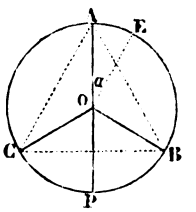
On peut poser $\sin.\ \alpha + \cos.\ \alpha = \sin.\ (45° + \alpha)\ \sqrt{2}$, formule facile à vérifier en développant le second terme, et remarquant que $\sin.\ 45° = \cos.\ 45° = 1/2\ \sqrt{2}$.

La plus petite valeur du sinus ou $\alpha = o$, donnera le minimum et la plus grande ou $45° + \alpha = 90°$ ou $\alpha = 45°$ le maximum.

On aura donc :

Minimum. $\alpha = 0$, $\sin.\ 45° = 1/2\ \sqrt{2}$, d'où $M = 1/2\ Pr$.
Maximum. $\alpha = 45°$, $\sin.\ (45° + \alpha) = 1$
d'où $M = 1/2\ Pr\ \sqrt{2}$

On voit que les limites de variation sont bien moindres que dans l'emploi d'une manivelle simple et surtout, ce qui peut être important, que l'effort ne passe jamais par zéro.



1582.

Manivelles triples (figure 1584). En disposant une troisième manivelle au point G (la bielle agit alors en remontant) la régularité ne croîtrait pas. En effet les moments deviennent :

$$M = 1/3\ Pr \sin.\ \alpha + 1/3\ Pr \sin.\ \alpha' + 1/3\ Pr \sin.\ \alpha$$
$$= 1/3\ Pr\ (2 \sin.\ \alpha + \cos.\ \alpha)$$

Pour $\alpha = 0$, $\sin.\ \alpha = 0$, $\cos.\ \alpha = 1$; on a $M = 1/3\ Pr$

Pour $\alpha = 45°$, on a : $\sin.\ \alpha = \cos.\ \alpha = 1/2\ \sqrt{2}$ et

$M = \frac{1}{3} Pr \times \frac{3}{2}\ \sqrt{2} = \frac{2}{3}\ Pr\ \sqrt{2}$ la variation est plus grande que dans le cas précédent.

Une quatrième manivelle placée en H, les trois autres en E, F, G, n'aurait aucun effet à cause de la symétrie, la force divisée en quatre parties agirait absolument de

Digitized by Google

la même manière que divisée en deux parties et agissant sur les deux premières manivelles. Il est nécessaire pour obtenir une plus grande régularité de mettre les bras de manivelle multiples en nombre impair, autrement l'effet est le même que pour des manivelles dont le nombre des bras est moitié moindre.

Au lieu de disposer la manivelle triple ainsi que nous venons de le supposer, on en place les trois boutons à égale distance sur la circonférence, c'est-à-dire sur les trois sommets du triangle équilatéral inscrit, et alors les variations sont moindres. En effet, dans ce cas, si la rotation d'un angle α se produit, il est facile d'évaluer la somme des moments des trois forces 1/3 P agissant sur les manivelles. Cette quantité sera égale, d'après la propriété du côté du triangle équilatéral d'être la corde d'un angle de $\frac{360}{3} = 120°$, a

$$M = 1/3\,Pr\,(\sin.\,\alpha + \sin.\,(60° - \alpha) + \sin\,(60° + \alpha))$$

Or, le sinus du sommet placé seul d'un côté du diamètre est égal à la somme des deux autres.

En effet, on a :

$$\text{Sin. } (60° + \alpha) = \text{sin. } 60° \cos.\,\alpha + \text{sin. } \alpha \cos.\,60°.$$

$$\text{Or, cos. } 60° = \frac{1}{2}, \text{ d'où sin. } 60° = \sqrt{1 - \frac{1}{4}}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{3}$$

$$\text{Donc sin. } (60° + \alpha) = \frac{1}{2}\sqrt{3} \cos.\,\alpha + \frac{1}{2} \text{ sin. } \alpha.$$

De même :

$$\text{Sin. } (60° - \alpha) = \text{sin. } 60° \cos.\,\alpha - \text{sin. } \alpha \cos.\,60$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{3} \cos.\,\alpha - \frac{1}{2} \text{ sin. } \alpha.$$

En ajoutant sin. α, on retombe précisément sur la valeur de sin. $(60° + \alpha)$; donc la somme des moments sera :

$$M = \frac{1}{3} Pr + 2 \text{ sin. } (60° + \alpha)$$

Le minimum pour $\alpha = 0$ correspond à la position indiquée sur la figure 1582, qui est celle de la plus petite valeur de sin. $(60 + \alpha)$; quand $\alpha = 0$ et que le point A vient à passer du côté droit du diamètre, et dans ce cas la formule donne :

$$M = \frac{1}{3} Pr\,\sqrt{3}.$$

Le maximum a lieu pour $60° + \alpha = 90°$ ou $\alpha = 30°$, et alors un des sommets (C par exemple) est sur le rayon horizontal. Dans cette position l'action, étant au maximum pour ce sommet, a lieu utilement pour les deux autres.

Alors sin. $(60° + \alpha) =$ et

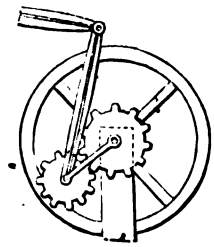
$$M = \frac{2}{3} Pr.$$

On peut donc établir le tableau suivant pour le rapport du maximum au minimum dans chaque cas :

	Minimum.	Maximum.
Manivelle simple.	0,000	1
Manivelle double.	0,707	1
Manivelle triple	0,866	1

C'est-à-dire qu'à mesure qu'on fait croître le nombre des manivelles, les variations diminuent.

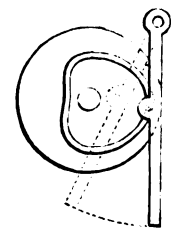
Mouche. Avant d'employer la bielle et la manivelle dans la machine à vapeur, Watt employait un appareil dit la *mouche* (fig. 1583), dans lequel une roue dentée, fixée à l'extrémité de la bielle, agit sur une autre roue dentée fixée au volant (voyez MACHINE A VAPEUR), qui remplit la fonction de transformer le mouvement, mais beaucoup moins bien que la bielle, à cause des frottements résultant de l'emploi des engrenages, auxquels doivent être préférés, toutes les fois que cela est possible, les organes établissant une communication directe. Il y a, en général, moins de résistances, et surtout plus de solidité et de régularité dans tout l'appareil.



1583.

La bielle ne peut fournir qu'une oscillation par tour de roue ; mais en donnant à celle-ci la vitesse convenable par des transformations antérieures, le mouvement alternatif pourra toujours être tel qu'on le désirera.

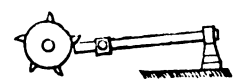
Excentriques. Il est encore un organe servant utilement pour la transformation dont il s'agit, c'est l'excentrique, qui peut être employé également pour des axes parallèles et pour des axes obliques.



1584.

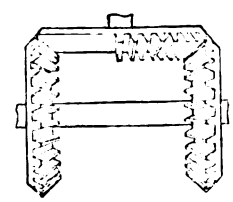
Un levier tournant autour d'un axe, et reposant par son poids ou fixé d'une manière quelconque à une courbe montée sur l'axe (fig. 1584) qui se meut circulairement, prendra un mouvement circulaire alternatif, dont la vitesse dépendra du tracé de la courbe. (Voir pour plus de détails, au sujet des excentriques, leur emploi pour produire le mouvement rectiligne alternatif.) Il n'y aura pas évidemment de choc dans cette action qui sera continue.

Cames. Les organes opérant d'une manière discontinue sont les cames, qui sont des excentriques suffisamment espacés, pour que le levier sur lequel ils agissent ait pu reprendre sa première position, quand l'action d'une came vient à succéder à celle de la précédente. Comme cette action ne peut avoir lieu sans un certain choc résultant de la rencontre du levier en repos par la roue en mouvement, on ne doit employer cet organe que quand il est nécessité par la nature du travail, pour les marteaux, par exemple (fig. 1585).



1585.

Secteurs dentés. La figure 1586 représente encore un moyen de transformer le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif par l'emploi de parties de roues d'engrenage.



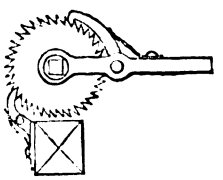
1586.

Deux roues d'angles, montées parallèlement sur l'arbre qui doit posséder le mouvement alternatif, engrènent successivement avec une partie de roue dentée, montée sur l'arbre animé d'un mouvement circulaire continu. Suivant que celle-ci agit sur une roue ou sur l'autre, le mouvement change de sens ; et si le nombre des dents est tel qu'une roue soit quittée quand l'autre est reprise, la transformation indiquée sera obtenue sans interruption de mouvement.

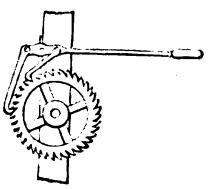
Digitized by Google

Encliquetages. On donne généralement le nom d'encliquetages aux organes composés essentiellement de pièces saillantes et mobiles venant agir sur la partie de la machine qui doit recevoir le mouvement, soit pour l'obtenir dans un sens, soit pour éviter qu'il ne puisse avoir lieu dans une direction. Cet organe devient, dans ce dernier cas, organe d'arrêt dont la roue à rochet est le type. Nous n'avons à parler ici que des encliquetages servant à communiquer le mouvement qui se divisent en deux classes : encliquetages à dents, encliquetages à pression.

Encliquetages à dents. Le mouvement circulaire alternatif produit par intermittence le mouvement circulaire continu au moyen de l'organe (fig. 1587) employé avec succès dans les constructions depuis quelque temps. Le mouvement circulaire de va-et-vient imprimé à l'extrémité du levier produit l'engrenage de la dent à ar-



1587.

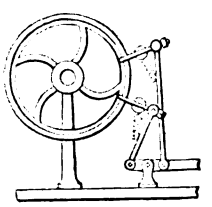


1588.

ticulation qui y est assemblée avec les dents successives de la roue. Cette action est rendue continue dans le levier de Lagarousse (fig. 1588) où l'un des crochets agit quand l'autre va se placer sur de nouvelles dents.

Encliquetages par pression. Le système d'encliquetage par pression en tant qu'organe moteur (en tant qu'organes d'arrêt ils se confondent avec les freins) est dû à M. Saladin de Mulhouse.

Si l'on fait passer sur la jante d'une roue un anneau (coupé seulement pour laisser passer le bras de la roue) (fig. 1589) en le faisant monter normalement à la circonférence, on n'éprouvera pas de résistance ; mais si on exerce une traction oblique, l'anneau prend une position différente de la normale et serre la jante avec une force suffisante pour entraîner la roue. L'anneau ne peut plus glisser, il ne pourrait que s'ouvrir si l'effort était trop considérable.



1589.

En disposant deux anneaux des deux côtés du point de rotation d'un levier, comme le représente la figure, leur action sera successive et le mouvement circulaire alternatif de l'extrémité du levier engendrera le mouvement circulaire continu de la roue.

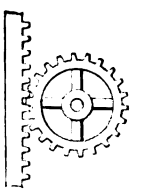
III. Mouvement circulaire continu en rectiligne continu.

TREUIL. Le treuil, soit horizontal, soit vertical, transforme, au moyen d'une corde attachée à la résistance à vaincre, le mouvement circulaire continu en rectiligne continu ; réciproquement une corde en se déroulant produit le mouvement circulaire de l'arbre sur lequel elle est enroulée. C'est ainsi qu'un poids agit dans les horloges.

Une chaîne sans fin, qui réunit deux poulies douées d'un mouvement circulaire, donne aussi une solution de ce problème fréquemment employée dans les machines-outils.

CRÉMAILLÈRE. La ligne droite pouvant être considérée comme un cercle d'un rayon infini, la solution des engrenages s'appliquera encore à ce cas et donne la transformation consistant dans l'emploi d'un pignon et d'une crémaillère. Le rayon du cercle devenant infini, la construction donnée pour les dents à épicycloïdes déterminera des dents à développantes, le cercle de demi-rayon se confondant aussi avec la droite. Si donc on arme la roue de dents à développantes et qu'on pratique dans la barre droite des échancrures rectangulaires destinées à laisser passer les dents, celle-ci sera conduite régulièrement par la roue, c'est-à-dire que des longueurs égales passeront au point de contact (figure 1590).

On ne peut inversement mener la roue par la droite, car les angles des échancrures agissant sous un angle obtus produisent une résistance notable. Pour mener la roue par la droite, on pratique dans celle-ci des sections perpendiculaires au plan de la roue et passant par des rayons, et on arme la roue de dents correspondant à la rotation du cercle de rayon moitié de celui de la roue. Il décrira ainsi des cycloïdes qui déterminent la forme que l'on doit donner aux dents.



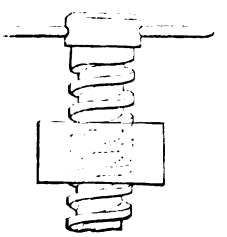
1590.

Une des plus intéressantes applications de cet organe et des engrenages est le cric, qui permet de soulever les plus lourds fardeaux en rendant très faible la vitesse du point de résistance, relativement à celle de la manivelle.

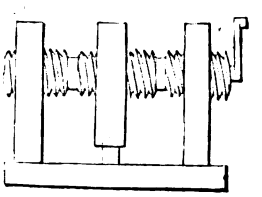
Les organes précédents conviennent lorsque le mouvement rectiligne est perpendiculaire à l'axe du mouvement circulaire. On peut encore, quand l'angle est différent d'un droit, employer, comme l'a démontré M. Olivier, des crémaillères obliques, dont les dents se tracent à l'aide des considérations analogues à celles que nous avons exposées pour le tracé des engrenages pour des axes qui ne se rencontrent pas. Quant au treuil, on peut utiliser son action à l'aide de poulies de renvoi dans une direction quelconque.

VIS. Lorsque le mouvement rectiligne est dans la même direction que l'axe du mouvement circulaire, on emploie une vis (fig. 1591) tournant dans son écrou, ou l'écrou d'une vis dont l'axe ne peut se mouvoir en ligne droite, écrou qu'un guide empêche de tourner.

Cet organe permettant de rendre la vitesse du mouvement rectiligne très petite relativement à la vitesse circulaire, est très propre pour développer de très grands efforts, ce qui le fait surtout employer pour



1591.



1592.

les appareils qui doivent produire des pressions, mais en occasionnant des pertes de travail considérables par les frottements.

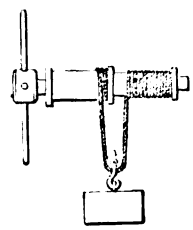
Cet organe peut être considéré comme une espèce

Digitized by Google

d'engrenage dans lequel le filet de la vis agit sur celui de l'écrou, comme le feraient deux dents inclinées.

M. Prony a proposé d'employer la combinaison de la vis et de son écrou pour produire des mouvements très petits sans employer des vis d'un pas trop peu incliné. Il a appelé ce système *vis différentielle* (fig. 1592) et a proposé son emploi pour les mesures de précision. Voici en quoi elle consiste.

Quand une vis se meut entre deux supports, par chaque tour de manivelle elle avance d'un pas ; si le milieu de l'axe est formé d'une vis d'un pas différent de celui de la première, et porte un écrou qu'un guide empêche de tourner, celui-ci montera par chaque tour de la vis d'une quantité égale au pas de la vis. Son mouvement absolu égal au transport de l'axe, moins son mouvement propre, sera donc égal à la différence des deux pas de vis qu'on peut obtenir aussi petit qu'on le voudra en conservant au filet de la vis toute la solidité nécessaire.



1593.

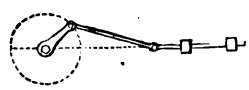
On a construit d'après les mêmes principes un treuil (fig. 1593) avec lequel le fardeau soulevé n'est élevé que de la différence du chemin parcouru par la corde sur les deux cylindres concentriques montés sur le même axe de rotation.

IV. Mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif.

Les organes indiqués pour la transformation du mouvement circulaire continu en circulaire alternatif s'appliquent à ce cas avec la seule modification de contraindre par des guides à un mouvement rectiligne la partie qui remplace le levier tournant sur son axe.

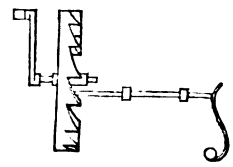
Ainsi la bielle et la manivelle (fig. 1594) formeront un très bon organe de ce genre, en assemblant leur extrémité avec la pièce qui doit avoir un mouvement rectiligne et qui sera maintenue dans des guides parallèles.

Quelquefois on courbe l'arbre lui-même ; la bielle peut alors s'appliquer en un point quelconque du coude. Cette disposition est surtout employée pour faire agir plusieurs bielles sur un même axe.



1594.

Les bielles peuvent servir pour obtenir un mouvement rectiligne d'une vitesse moyenne quelconque, puisqu'une oscillation correspondant toujours à un tour de l'axe, la longueur de l'espace parcouru pendant la durée d'un tour dépendra du rayon de la manivelle qu'on peut faire varier, en ayant soin de partir d'ailleurs d'un mouvement circulaire d'une vitesse convenable au moyen de transformations antérieures du mouvement circulaire continu. Le plan de la manivelle pouvant être oblique sur l'axe en mouvement, cette transformation de mouvement pourra encore servir pour une transmission de cette nature ; mais elle ne pourrait plus être employée si la direction du mouvement rectiligne était parallèle à l'axe. Dans ce cas, il faudrait transformer le mouvement circulaire en un autre mouvement circulaire dans une direction perpendiculaire au moyen d'une roue d'angle, puis employer la bielle comme ci-dessus. On pourrait aussi employer la transformation représentée (fig. 1595), où la tige qui doit recevoir un mouvement rectiligne presse contre des plans inclinés formés sur l'épaisseur de la roue mue circulairement. La vitesse dépend du nombre et de la longueur de ces plans inclinés. Cette solution rentre dans la série des courbes en cœur dont nous allons parler.

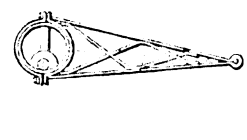


1595.

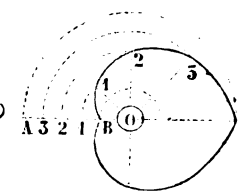
La bielle fournit très bien la solution inverse de transformer le mouvement rectiligne alternatif en circulaire continu, pourvu que sur l'axe soit monté un volant qui entraîne un peu au-delà des points morts, les points d'attache de la manivelle. Ces points morts sont évidemment ceux qui correspondent aux extrémités du diamètre parallèle aux guides du mouvement rectiligne où l'action devient directe et ne détermine plus la rotation.

EXCENTRIQUES. Les excentriques sont employés très fréquemment pour transformer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif. Ils consistent en une courbe tournant autour d'un axe qui n'est pas placé au centre de figure. Une barre guidée et dont l'extrémité repose sur la courbe ou un anneau entourant un cercle qui ne tourne pas autour de son centre (fig. 1596), prendront un mouvement rectiligne de va-et-vient par la rotation de l'axe.

L'étendue de ce mouvement sera mesurée par la différence qui existera entre le plus grand et le plus petit rayon de l'excentrique. Quant à la loi du mouvement rectiligne, elle sera en raison de la forme de la courbe, et c'est un des principaux avantages de cette forme de communication de mouvement, celle qui la fait employer le plus souvent dans des machines opératrices que cette variation de vitesse et, par suite, de pressions qu'il est possible d'obtenir suivant une loi quelconque en variant convenablement la forme de la courbe, de manière à opérer une action déterminée



1596.



1597.

quelque compliquée qu'en soit la loi, et d'imiter par exemple, dans certains cas, le travail intelligent de la main de l'ouvrier.

Un autre avantage qu'offre l'excentrique, c'est que son action est continue et que la variation de la vitesse qu'il imprime étant également continue et partant de zéro, il agit sans choc, ce qui le rend préférable toutes les fois qu'il est possible de l'employer aux organes qui agissent par chocs.

Enfin la résistance considérable que présente cet organe permet de l'employer pour obtenir des efforts très considérables, notamment dans certaines presses, découpoirs, etc.

Tout ceci explique suffisamment le fréquent usage de l'excentrique, dont les dispositions peuvent être variées à l'infini.

Un des modes d'emploi les plus fréquents est celui des courbes dites en cœur produisant une ou plusieurs

Digitized by Google

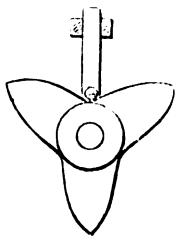
levées d'une tige suivant une loi déterminée pour chaque tour de l'axe.

Si le mouvement de va-et-vient doit être uniforme, le point B (fig. 1597) de la droite BA devra successivement occuper les positions B. 1, 2, 3, supposées des parties égales du mouvement total. Si, du point O comme centre, on décrit les cercles O1, O2, O3, et que l'on divise la circonférence OB en un même nombre de parties égales que le mouvement rectiligne de la barre BA, la rencontre des rayons passant par les points de division avec les circonférences décrites indiquera les points par lesquels devra passer la courbe qui satisfera à la condition de communiquer un mouvement uniforme à la ligne BA.

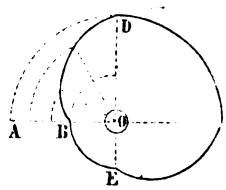
On a soin d'arrondir les angles tels que celui existant en B pour qu'il n'y ait pas d'arc-boutement.

Si, pour un même tour de l'axe, on devait obtenir plusieurs mouvements, on y parviendrait facilement par l'emploi de plusieurs courbes en cœur réunies (figure 1598).

Supposons, pour dernier exemple, qu'il faille obtenir diverses intermittences dans le mouvement; la



1598.



1599.

courbe en cœur serait encore facilement tracée : par exemple qu'il fallût (fig. 1599) que dans le premier quart de tour le point B marchât uniformément jusqu'en A, que, dans le second quart, il y eût intermittence, que, dans le troisième quart, le point B revînt uniformément de A en B, puis qu'enfin dans le quatrième quart, il y eût de nouveau intermittence. Les parties BD, CE, se traceraient, comme nous l'avons vu pour le mouvement uniforme, et les parties DC, BE, seraient des axes de cercle ayant leur centre en O et ne pouvant, par suite, imprimer aucun mouvement résultant d'excentricité.

Les courbes en cœur ne doivent être employées pour mener des tiges rectilignes que pour des pressions peu considérables et pour de petites vitesses. En effet, la pression de la courbe sur le galet dont on a soin de munir la tige mise en mouvement, ne s'exerce pas dans le sens du mouvement rectiligne de ce galet, conséquemment il en résulte une pression considérable de la courbe sur le galet et du galet contre la rainure dans laquelle il est guidé, surtout dans les changements de direction.

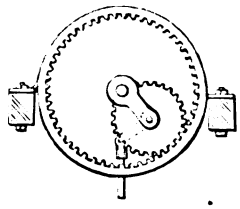
Les excentriques n'agissant, le plus souvent, que pour pousser, on emploie des ressorts et quelquefois le poids des pièces pour les faire revenir à leur première position, quelquefois aussi un autre excentrique agissant inversement du premier.

ORGANES DIVERS. Nous ne citerons que pour mémoire, à cause de leur emploi peu fréquent et désavantageux, à cause des frottements :

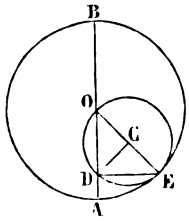
1° *Le système dû à Lahire* (fig. 1600), qui consiste à faire mouvoir, dans une grande roue dentée intérieurement, une petite roue dentée d'un diamètre égal à la moitié de celui de la première. Chacun des points de la circonférence de la petite roue décrit un diamètre de la première et peut, par suite, imprimer un mouvement de va-et-vient à une tige qui y est fixée. C'est ce qu'il est facile de démontrer.

En effet, soit D (fig. 1601) un point quelconque pris sur le diamètre de la grande roue, et ODE une circonférence passant par ce point et ayant pour diamètre OE = 1/2 AB.

Le point E étant le point de contact de la petite circonférence, il faut, pour que la propriété énoncée ait lieu,



1600.



1601.

que l'arc DE soit égal à l'arc AE, car alors la petite circonférence, roulant dans la grande et partant du point A, a transporté ce point en D.

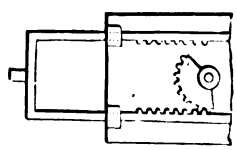
En effet, arc AE = angle AOE × R.
arc ED = angle ECD × 1/2 R.

Or l'angle AOE = 1/2 angle ECD, puisque le triangle DCO est isocèle, et l'angle en O = celui en D, donc arc AE = arc ED, qui a pour mesure 2 angles AOE × 1/2 R ou précisément angle AOE × R.

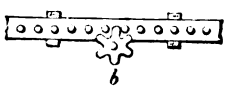
2° *L'emploi d'une partie de pignon* (fig. 1602) engrenant dans un rectangle denté, d'où résulte, pour celui ci, un mouvement de va-et-vient.

La fig. 1603 représente une autre disposition de même nature employée par quelques constructeurs dans des machines-outils. Le pignon engrène avec les petits cylindres disposés en ligne droite.

L'axe *b* de ce pignon a la faculté de glisser dans une coulisse verticale d'une quantité suffisante pour



1602.



1603.

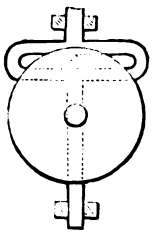
que le pignon puisse engrener en dessus et en dessous des petits fuseaux, de sorte que quand le train est à l'extrémité de sa course, soit à gauche, soit à droite, le pignon tournant toujours et portant sur le dernier cylindre traverse et vient engrener au côté opposé à celui où il était auparavant. Ces fuseaux sont mobiles et suffisamment espacés pour que, l'un d'eux étant enlevé, le pignon puisse passer entre les deux fuseaux adjacents à celui-là; de cette manière, on règle la course à volonté avec la plus grande facilité.

3° *Les rainures* appartenant à la tige qui doit posséder un mouvement de va-et-vient dans laquelle se meut un galet assemblé avec la roue qui est animée d'un mouvement circulaire continu (fig. 1604).

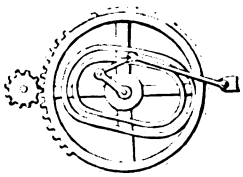
Si l'on veut que le mouvement de la tige soit uniforme, la rainure, au lieu d'être rectiligne, doit être courbe. Ces rainures peuvent être aussi tracées sur la roue qui possède le mouvement circulaire continu,

Digitized by Google

comme le représente la fig. 1605, et peuvent faire naître un mouvement rectiligne assujetti à une loi déterminée.



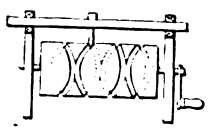
1604.



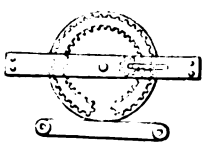
1605.

4° Les *rainures* tracées sur un cylindre tournant autour d'un axe et dans lesquelles s'engage l'extrémité d'une tige assemblée avec la tige à mouvoir maintenue d'ailleurs avec des guides. Les rainures devront être héliçoïdales pour que le mouvement de progression de la tige soit proportionnel au mouvement de rotation du cylindre, et formées d'hélices en sens opposés pour permettre l'aller et le retour (fig. 1606).

5° Les *engrenages* peuvent aussi servir à transfor-



1606.

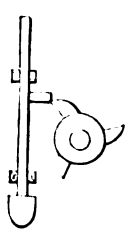


1607.

mer le mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif.

Soit l'axe d'un pignon (fig. 1607) fixé à une pièce plate qui porte l'axe d'une partie de roue dentée, et pouvant se mouvoir dans une rainure pratiquée dans cette pièce. Si au moyen d'une courroie placée autour du grand plateau portant la roue dentée, on fait tourner celui-ci, le pignon engrenant avec la circonférence extérieure, puis avec les extrémités dentées, passera à l'intérieur pour repasser à l'extérieur par l'autre extrémité. Son axe parcourant la rainure prendra donc ainsi un mouvement rectiligne alternatif par l'effet d'un mouvement circulaire continu.

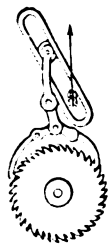
6° La vitesse variable d'un axe peut servir à déterminer un mouvement rectiligne assujetti à la même loi de variation au moyen du pendule conique (voir plus loin RÉGULATEUR). Les deux boules pesantes, éloignées ou rapprochées de l'axe, suivant les variations de la force centrifuge que fait naître la vitesse de rotation de l'axe, entraîneront le collet qui entoure celui-ci et lui feront prendre un mouvement rectiligne alternatif. Watt a appliqué cet appareil à la machine à vapeur pour régler le robinet d'entrée de la vapeur.



1608.

7° *Cames*. Les divers appareils ci-dessus s'appliquent aux transmissions continues. Celles intermittentes se produisent par l'action de cames agissant, soit sur des mentonnets, soit sur des entailles des tiges guidées verticalement. Tel est le cas des pilons (fig. 1608); le tracé des cames qui les font mouvoir sont assujettis aux mêmes conditions que les dents des engrenages.

8° *Encliquetages*. Il est un cas de la transformation réciproque de celle ici traitée qui présente un grand intérêt. C'est la transformation du mouvement rectiligne alternatif, au moyen d'un encliquetage, en circulaire intermittent, ce qui donne le moyen de communiquer, à l'aide du mouvement continu des pièces principales de la machine, un mouvement intermittent à d'autres pièces.



1609.

Il se compose (fig. 1609) d'une roue à rochet sur les dents de laquelle vient agir une dent terminant la pièce (ayant un mouvement rectiligne alternatif déterminé par un galet qui se meut dans une rainure) articulée à son extrémité de manière à pouvoir se plier pour surmonter les dents en revenant, après les avoir poussé en allant; action que reproduit inversement la seconde dent en forme de crochet. Suivant la longueur du mouvement rectiligne, il est clair qu'on fera tourner la roue d'une ou plusieurs dents par chaque période de mouvement.

V. Circulaire alternatif en circulaire alternatif.

Tous les organes qui servent à transformer le mouvement circulaire continu en circulaire continu, en ne les faisant agir que pendant un espace de temps, peuvent servir à cette transformation dans des plans et des vitesses quelconques; nous ne parlerons ici que de quelques solutions spéciales du problème.

Balancier. Un levier oscillant sur son axe établit cette transmission par le seul effet de sa rigidité (fig. 1610).

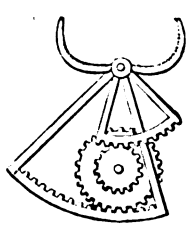


1610.

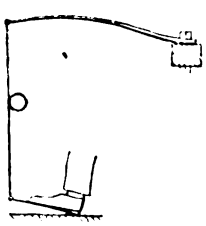
C'est ainsi que la communication a lieu dans les balanciers de tout genre. C'est le moyen presque toujours employé lorsqu'on peut employer le même axe pour les deux mouvements.

En terminant les pièces qui doivent se mouvoir réciproquement par des fractions de roues dentées, on communique le mouvement avec les vitesses voulues.

Un semblable usage des engrenages est fait dans le système (fig. 1611) employé dans une machine à recéper les pieux.

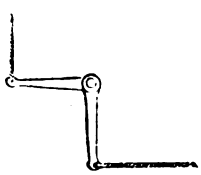


1611.

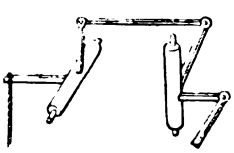


1612.

Le tour en l'air (fig. 1612) employé dans le travail



1613.



1614.

du bois offre une transformation de cette nature. La réaction du ressort et l'action de la corde enroulée

Digitized by Google

transforment en mouvement circulaire alternatif le mouvement de même nature de la pédale.

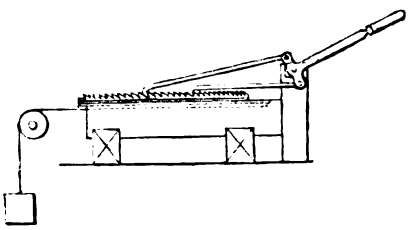
Pour transmettre le mouvement soit dans un même plan (fig. 1613), soit dans un autre plan (fig. 1614), on emploie des leviers coudés formant l'appareil dit *mouvement de sonnette*.

VI. Circulaire alternatif en rectiligne continu.

MM. Lantz et Bétancourt, dans leur désir de fournir une solution complète, indiquent pour organe de cette transformation un levier portant deux crochets qui viennent accrocher des dents formées à la pièce qui doit se mouvoir en ligne droite et l'élèvent ainsi à chaque mouvement du levier. Certes, pas un mécanicien ne voudrait employer cet appareil, à peine bon pour quelques ustensiles de ménage.

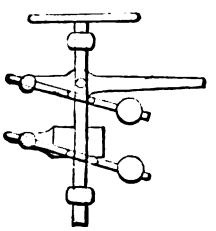
On peut disposer cet encliquetage, d'une manière plus convenable, ainsi que le représente la fig. 1615.

Une crémaillère à dents obliques reçoit deux crochets dont les extrémités sont assemblées à une traverse tournant autour du même axe qu'un levier avec lequel elle est assemblée. Le mouvement circulaire alternatif du levier fera, à chaque demi-oscillation, engrener une des dents et opérera la traction par l'autre.



1615.

L'encliquetage par pression agit de la même manière. La fig. 1616 montre comment le construit M. Saladin. Il se compose d'un bâti auquel sont fixées deux douilles servant de guides à une tige ronde. Entre les douilles est fixé un pivot sur lequel s'assemble le levier ayant un mouvement circulaire alternatif. A une extrémité de ce levier est fixé un second petit levier portant un anneau dans lequel passe la tige ; un troisième petit levier placé sur le bâti porte également un anneau dans lequel passe aussi la tige. Lorsqu'on met en mouvement le grand levier pour faire monter la tige ronde, le second levier, placé au bout, tend à descendre par son poids : mais comme il est retenu par un côté, il s'incline et enlève la tige, par suite de l'obliquité de la traction. Le second anneau placé sur le bâti et agissant en sens contraire de l'autre, retient la tige pendant que le levier reprend sa première position, et *vice versâ*.



1616.

La véritable transformation usitée dans les machines consiste à transformer le mouvement circulaire alternatif en circulaire continu, au moyen d'une bielle et d'une manivelle, et celui-ci en mouvement rectiligne, au moyen d'une crémaillère ou d'une corde s'enroulant sur un arbre.

Dans quelques cas où le mouvement rectiligne est de peu de longueur, comme dans les découpoirs, on transmet directement le mouvement en faisant agir l'extrémité de levier sur la tête de l'outil, guidé de manière à se mouvoir en ligne droite.

VII. Circulaire alternatif en rectiligne alternatif.

Le mouvement circulaire alternatif produit un mouvement rectiligne alternatif par tout système d'assemblage entre les deux pièces mouvantes, et de guides pour la partie qui doit se mouvoir en ligne droite. Ainsi, une corde ou chaîne adaptée à l'extrémité d'un balancier, forment, avec l'aide d'un contre-poids, cette communication. Une partie de roue dentée et de crémaillère produisent encore cet effet.

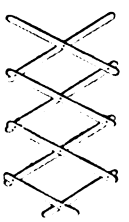
Nous avons déjà donné (fig. 1513) un exemple de cette transformation à l'aide de corde, dans l'archet employé par les serruriers, pour donner un rapide mouvement de rotation au foret, par le mouvement de va-et-vient de la main, dans une direction perpendiculaire au mouvement rectiligne.

Le parallélogramme de Watt est le guide le plus parfait pour ce genre de mouvement (voir plus loin), aussi est-il souvent employé pour la transmission de grandes forces.

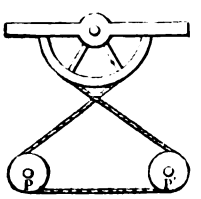
La plupart des systèmes qui servent à produire le mouvement rectiligne continu, au moyen du mouvement circulaire continu, peuvent servir pour la transformation qui nous occupe.

La fig. 1617 représente le zig-zag dans lequel le mouvement rectiligne alternatif est produit à une extrémité par le mouvement circulaire alternatif des deux leviers de l'autre extrémité.

La fig. 1618 représente encore un appareil dans lequel le mouvement rectiligne alternatif d'une barre produira le mouvement circulaire alternatif des deux poulies P, P'.



1617.



1618.

VIII. Rectiligne continu en rectiligne continu.

Tout système de pièces rigides permet de transmettre à distance le mouvement rectiligne continu, et de produire un mouvement de même nature, de même direction et de même vitesse.

Pour le transmettre dans un plan et dans une direction différente de la première, on emploie les cordes et poulies, organe qui, à cause de la flexibilité de la corde, permet de transmettre l'effort dans toute direction dans le même plan ou dans des plans différents en employant un système de trois poulies convenablement inclinées.



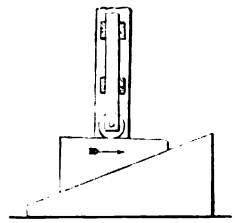
1619.

Pour modifier la vitesse du mouvement on emploie le système de cordes et poulies, connu sous le nom de *mouffle* (fig. 1619), dans lequel la vitesse de la résistance est la $n^{ième}$ partie de la vitesse de la puissance quand il y a n cordons. Ce système permet donc de développer de grands efforts, mais les avantages qu'il offre sont limités par la résistance qu'oppose la roideur des cordes et la con-

Digitized by Google

sommation de travail nécessaire pour les enrouler autour des poulies.

Le *plan incliné* peut servir à transformer le mouvement rectiligne continu en rectiligne continu dans un plan perpendiculaire et avec une vitesse quelconque dépendant de l'inclinaison du plan. Tel est le système (fig. 1620) dans lequel les parties auxquelles le mouvement est communiqué, sont astreintes par des guides à ne se mouvoir qu'en ligne droite.

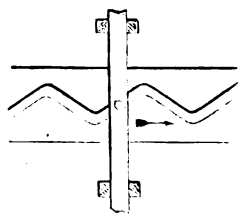


1620.

IX. Rectiligne continu en rectiligne alternatif.

Il n'y a pas de bonne solution directe de cette transformation, mais on peut toujours transformer le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par un des moyens exposés plus haut; puis transformer celui-ci en rectiligne alternatif.

La fig. 1621 représente une solution directe. Des rainures inclinées, pratiquées dans la pièce, ayant un mouvement rectiligne continu, et guidant une cheville adaptée à une pièce ne pouvant prendre qu'un mouvement rectiligne, communiqueront à celle-ci un mouvement rectiligne alternatif.



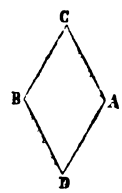
1621.

X. Rectiligne alternatif en rectiligne alternatif.

Un système rigide transmet ce mouvement dans une même direction.

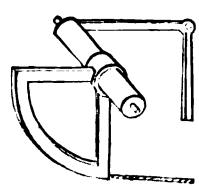
Les poulies ne peuvent fournir cette transformation dans une direction quelconque qu'à l'aide de contre-poids ou autre système analogue, qui quand la force change de sens, entraîne la corde, puisque celle-ci ne peut transmettre que des tractions. Nous citerons la solution particulière de cette transmission représentée figure 1622, pour les cas où les deux mouvements rectilignes doivent être à angle droit.

Soit le losange A B C D, et où l'on donne à deux sommets A, B, un mouvement rectiligne alternatif, les deux sommets C, D, auront le même mouvement dans une direction perpendiculaire à la première. On a établi des presses sur ce principe. On peut tracer le losange de telle sorte que les mouvements des sommets verticaux soient dans un rapport quelconque avec ceux des sommets horizontaux.



1622.

Généralement, le mouvement rectiligne alternatif est transformé en circulaire continu ou alternatif, pour être de là transformé de nouveau en rectiligne alternatif; on dispose le mouvement circulaire de manière à obtenir les variations de vitesses dont on a besoin.



1623.

La transformation de ce mouvement est réellement, dans presque tous les cas, une transformation en circulaire qui produit le rectiligne par l'effet de guides, qui ne permettent le mouvement qu'en ligne droite ou en agissant par l'intermédiaire de cordes passant sur une poulie. Tel est le cas de la transformation (fig. 1623) par l'effet de l'arc de cercle sur lequel s'enroule la corde, mais la transformation en circulaire est évidemment le point de départ comme dans la plupart des cas.

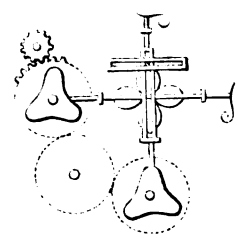
Mouvement quelconque continu ou alternatif en mouvement quelconque, d'après une courbe donnée et réciproquement.

Le mouvement, d'après une courbe donnée, est rarement employé dans les machines. La raison en est dans les résistances qui accompagnent nécessairement ce genre de mouvement. En effet, il ne suffit plus ici, comme dans le mouvement circulaire, d'assujettir des axes dans des coussinets; il faut, en général, faire mener la pièce qui doit avoir ce mouvement par une cheville assujettie dans une rainure ayant la forme de la courbe donnée.

C'est assez dire combien il en résulte de résistances de toute nature, aussi les moteurs n'agissant pas suivant des courbes, jamais on ne donne semblable mouvement aux organes de communication; il s'ensuit qu'il n'est employé que pour les opérateurs.

Or, tout mouvement pouvant se transformer en mouvement circulaire continu, mouvement type des machines on voit qu'en réalité le problème se réduit à transformer un mouvement circulaire continu en mouvement d'après une courbe donnée.

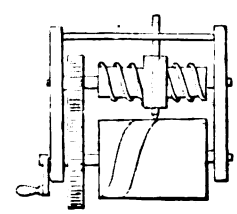
Comme l'observent MM. Lantz et Bétancourt, on peut toujours supposer que le mouvement, suivant une courbe quelconque résulte des mouvements circulaires de deux axes conduisant deux courbes sur lesquelles s'appuient des règles assujetties à rester constamment parallèles (figure 1624).



1624.

Ces règles forment deux coordonnées dont l'intersection décrit la courbe voulue; si, par exemple, elles portent toutes deux des rainures, un crayon placé à leur rencontre tracera cette courbe. Cet organe ne peut guère être de bon usage, généralement on se contente, dans le petit nombre de cas où il faut réaliser le mouvement qui nous occupe, de faire mouvoir circulairement un plan dans lequel est tracée la courbe voulue, et d'astreindre par une cheville la pièce qui doit suivre ce mouvement, guidée d'ailleurs, de manière à ne pouvoir tourner avec l'axe et à ne pas s'en écarter.

Il est un cas important qui doit être cité, c'est celui où il s'agit de tracer une hélice à la surface d'un cylindre, comme cela a lieu dans la machine qui sert à fileter les vis (figure 1625).



1625.

Dans ce cas, on décompose le mouvement en deux parties, l'un de rotation, l'autre de translation; ainsi, pour la machine à fileter, on donne au cylindre sur lequel doit être formée l'hélice, un mouvement rectiligne de translation dans la direction de son axe, pendant que l'outil tourne autour; ou l'on peut le faire tourner

Digitized by Google

sur son axe pendant que l'outil parcourt une ligne parallèle à l'axe du cylindre. Ce dernier moyen, le plus commode, est préféré dans les machines à fileter. Le mouvement de translation est imprimé à l'outil guidé entre des barres parallèles par une vis qui le porte, et qui est mue par un engrenage en même temps que le cylindre. Les vis de différents pas seront donc faites par cette machine en variant les rapports des rayons des roues d'engrenage, et par suite ceux de la vitesse de rotation du cylindre et de translation de l'outil.

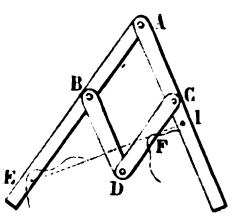
Si le mouvement initial était un mouvement rectiligne on parviendrait à déterminer le mouvement suivant une courbe, en fixant à la partie en mouvement des règles portant des sinuosités convenables servant de guides pour communiquer le mouvement suivant ces courbes.

Mouvement d'après une courbe donnée, en mouvement d'après une autre courbe.

Comme nous l'avons dit, le mouvement d'après une courbe ne sert, en général, dans les machines que pour donner à l'outil des mouvements nécessités par la nature du travail et ne peut être employé pour des communications de mouvement. Le problème indiqué ci-dessus devra donc, en général, se diviser en transformation du premier mouvement en circulaire continu; puis transformation de ce dernier en mouvement d'après une courbe.

Nous citerons cependant l'organe ci-dessous fort employé dans les arts graphiques, et qui est une solution du problème, quand les deux courbes sont dans un même plan et que la seconde courbe doit être semblable à la première.

Cet instrument est le pantographe (fig. 1626). Il se compose de deux règles articulées en un point A. Aux points B et C sont articulées deux autres règles, telles que $AB = AC = BD = CD$. Quelque soit l'angle en A, ces quatre lignes formeront un losange. I, étant le pivot autour duquel tourne le système, F, un traçoir assujetti à suivre les contours du dessin; le point E, en lequel sera placé un crayon tracera des figures semblables à la première; ce qu'on démontre facilement. En effet, quelle que soit la position des branches on aura toujours à cause de la similitude évidente des deux triangles E A I, F C I, E I : F I : : A C : C I, le rapport restera donc constant puisque les deux derniers termes sont constants, donc tous les éléments des courbes seront semblables et par suite celles-ci.



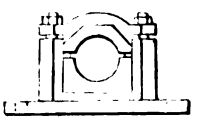
1626.

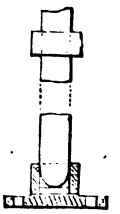
Organes directeurs du mouvement.

La plupart des organes que nous venons de passer en revue ne fonctionnent, qu'autant qu'ils sont guidés, de manière à prendre la direction convenable. La résultante des forces agissant sur une partie quelconque d'une machine, tend généralement à lui faire quitter la place qu'elle occupe et à lui imprimer un mouvement dont la direction est différente de celle qu'on veut obtenir. On remédie à cet inconvénient en guidant la pièce par des parties fixes qui s'opposent à l'action des composantes nuisibles, ce qui fait naître un frottement qu'il faut chercher à diminuer par les dispositions les plus convenables.

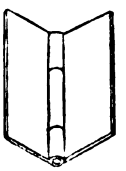
1° *Mouvement circulaire. — Axe horizontal.* Pour ce mouvement, les coussinets (fig. 1627) brident l'axe et ne peuvent lui laisser prendre aucun autre mouvement que le circulaire, tant par l'effet de la bride de la partie supérieure du coussinet pour éviter l'enlèvement, que parce que l'axe étant réduit à un diamètre moindre pour la partie qui entre dans le coussinet, il en résulte, près de celui-ci, un épaulement qui empêche le déplacement latéral.

Il faut deux coussinets pour guider un axe horizontal. Pour un axe vertical on emploie un collet et un pivot reposant sur une crapaudine (fig. 1628). En faisant


1627.


1628.

ces deux parties de corps très durs, on peut diminuer beaucoup les surfaces frottantes et par suite le chemin parcouru par le frottement.


1629.

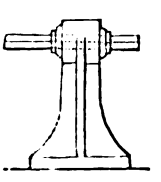
Les pivots sont peu employés horizontalement, parce qu'ils ne sauraient empêcher le soulèvement de l'axe.

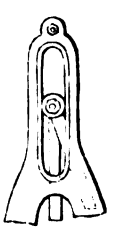
Pour des pièces très légères, on emploie les espèces de coussinets qui constituent l'organe bien connu, appelé charnière (fig. 1629).

2° *Mouvement rectiligne.* En général, la pièce mouvante, de dimensions constantes dans le sens du mouvement, est plus ou moins enveloppée par des parties fixes qui empêchent toute action latérale.

C'est par des ajustements de cette nature que se guident la majeure partie des pièces mouvantes des machines-outils. Ils sont trop simples et leur nombre trop considérable pour qu'il y ait intérêt à s'y arrêter longuement. Nous dirons seulement que dans l'établissement de ces guides, on doit : 1° envelopper le plus complétement possible la pièce mouvante pour éviter les déviations; 2° guider surtout avec soin les extrémités de la pièce mouvante prolongée, s'il est possible, afin de diminuer l'obliquité qui résulte toujours du jeu nécessaire à un mouvement facile.

Les guides causant toujours une perte de force notable par suite du frottement, il faut rendre celui-ci aussi faible que possible, en ayant soin de le faire naître entre


1630.

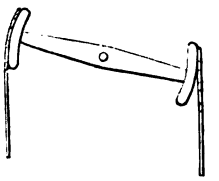

1631.

parties très polies et très dures. Tels sont les glissoirs où les parties frottantes sont en acier trempé pour des pièces carrées, des trous alésés avec soin (fig. 1630) pour des pièces rondes. Souvent on transforme le frot-

Digitized by Google

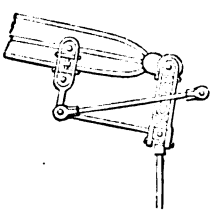
tement de glissement en frottement de roulement, quand cela est possible ; on y parvient en munissant la pièce mobile de roulettes ou de galets dont la gorge enveloppe des parties fixes (fig. 1631).

Watt a employé un système particulier pour guider la tige du piston des machines à vapeur qui doit rester rectiligne. Le système employé dans les premières machines atmosphériques (fig. 1632) consistait dans l'emploi de chaînes s'enroulant plus ou moins autour d'un secteur dont l'extrémité du balancier était munie. Ce système, qui ne pouvait servir pour une machine à double effet, a été remplacé par le parallélogramme de Watt, qui ne fait naître que des frottements dans des articulations, frottements toujours moindres que ceux qui auraient lieu contre des guides fixes.

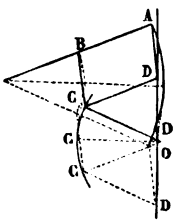


1632.

Au lieu de fixer la tige du piston à l'extrémité du balancier de la machine à vapeur, Watt l'assemble à l'angle extérieur D d'un parallélogramme (fig. 1633) fixé sur ce balancier ; puis il assujettit le sommet C de ce parallélogramme à se mouvoir sur une circonférence



1633.

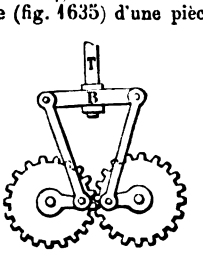


1634.

passant par les positions de cet angle aux deux extrémités et au milieu de la course du piston (fig. 1634), le point D restant en ligne droite ; ce qui est facile à exécuter en assemblant au moyen d'une tringle ce sommet C à un point fixe O, centre du cercle ainsi déterminé.

Dans toutes les positions intermédiaires, la position de la tige variera quelque peu au-delà et en deçà de la verticale, mais dans des limites fort restreintes, et que compense le jeu des articulations et l'élasticité de la pièce.

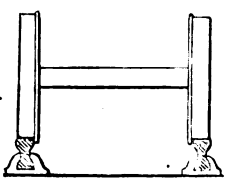
Balancier de Cartwright. Ce système est remarquable par l'emploi des engrenages comme guides du mouvement rectiligne. Il se compose (fig. 1635) d'une pièce B assemblée d'équerre à l'extrémité de la tige du piston et des extrémités desquelles partent deux bielles faisant tourner des roues dentées qui engrènent entre elles. Ces roues étant égales, les deux extrémités de la barre B descendent à chaque instant d'une quantité égale et la tige T a un mouvement rectiligne. Si une des roues était plus petite que l'autre, le nombre des tours de chaque roue, pendant un même espace de temps, n'étant plus le même, la tige T oscillerait. On pourrait encore employer cependant ce système pour obtenir un mouvement rectiligne en articulant la barre B sur la tige T, et guidant celle-ci par des glissières ou des galets, mais toujours avec un frottement très nuisible.



1635.

Le premier système vient d'être employé récemment avec un grand avantage, par Ericson, pour transmettre directement l'action de la machine à vapeur aux vis jumelles de grand diamètre qu'il a imaginé d'employer pour faire mouvoir les bateaux à vapeur, vis dont les axes sont montés sur les deux roues qui engrènent ; dans ce cas, les engrenages servent de guides et de régulateurs, mais ne sont pas des organes de transmission.

On doit encore considérer comme guides de mouvement rectiligne, c'est-à-dire comme appareils déterminant la pièce mouvante à rester toujours parallèle à elle-même.

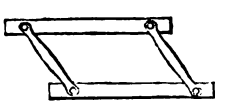


1636.

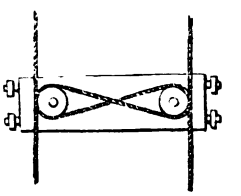
1° Les *chemins de fer* à bandes saillantes avec roues à rebords intérieurs (fig. 1636), ou à ornières recevant les roues. Leur emploi est fréquent dans les machines.

2° L'*appareil dit des règles* parallèles (fig. 1637) composé de deux règles réunies par deux traverses égales et pouvant tourner autour de points fixes.

3° L'*appareil des Mull-Jenny* (fig. 1638) qui a satisfait complétement au problème difficile de faire mouvoir le chariot perpendiculairement à la ligne des bobines, dans un parallélisme parfait pour que tous les fils restent également tendus. Le chemin de fer sur lequel est posé le chariot ne guidant pas d'une manière suffisante, deux cordes tendues dans une direction



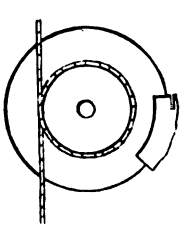
1637.



1638.

parallèle à celle du mouvement sont enroulées autour de deux poulies fixées invariablement au chariot, de manière à décrire chacune un Z. En s'avançant et en reculant, les cordes exercent sur les poulies un effort qui croîtrait rapidement par la moindre obliquité. Les résultats de cet appareil sont d'une merveilleuse exactitude, que l'expérience fait apprécier chaque jour.

Pour guider un corps et le forcer à suivre une courbe déterminée, on l'assujettit, en général, à un support porté par des galets se mouvant sur la courbe voulue, tracée soit en relief, soit en creux. On peut encore obtenir ce résultat en assemblant le corps sur les pourtours d'un plateau ayant la forme voulue. Telle est la disposition employée (fig. 1639) pour scier les jantes des roues circulairement. La pièce de bois est placée sur un plateau circulaire pour être soumise à l'action de la scie, et à mesure du travail de celle-ci, le plateau tournant au moyen de chaînes, la scie débite les jantes circulairement.



1639.

Digitized by Google

Résumé.

Si l'on étudie avec soin la nature des organes élémentaires de transformation du mouvement, on reconnaît facilement qu'ils se composent d'éléments simples de deux natures, dont les combinaisons diverses produisent tous les organes que nous venons de passer en revue.

I. Les éléments servant à transformer le mouvement, à faire varier les vitesses, éléments essentiellement simples, et qui par suite ne peuvent être qu'une des machines simples, c'est-à-dire :

1° Le levier droit et coudé (*balancier, pédale, manivelle*, etc.) ;

2° La poulie (*poulies, treuil, arbres de rotation*, etc.) ;

3° Le plan incliné (*surfaces curvilignes, vis, excentriques*, etc.).

II. Les éléments qui permettent de rendre solidaires les deux parties de la machine entre lesquelles s'opère la transformation du mouvement. On peut les diviser en quatre séries.

1° Ceux qui ont pour base le frottement résultant d'une pression qui fait communiquer le mouvement entre deux parties en contact ou à distance par l'intermédiaire de cordes ou courroies.

2° Les saillies fixes d'une pièce correspondant à des cavités dans l'autre pièce, qui rendent solidaires les deux pièces dont l'une entraîne l'autre nécessairement ; tels sont les engrenages, crémaillères, cames, les chaînes de Vaucanson, etc.

3° Les aspérités mobiles donnant naissance aux encliquetages, etc.

4° Les guides et articulations (les premiers faisant naît e le mouvement rectiligne, et les secondes le mouvement circulaire autour de chaque joint dans un seul sens) ne permettant le mouvement que suivant une direction déterminée.

Il est facile de voir en prenant au hasard un des organes de transformation décrits ci-dessus, qu'il se décompose facilement en un ou plusieurs de ces éléments.

TROISIÈME SECTION.

Organes servant à modifier le mouvement et à disposer les éléments dans un ordre déterminé.

Les organes de transformation, qui ne se rapportent qu'à la direction du mouvement, ne sont pas les seuls organes des machines, grand nombre d'autres leur sont également nécessaires ; nous les diviserons en deux séries principales :

Première série. Ceux qui servent à donner au mouvement les conditions propres au bon emploi des machines pour effectuer le travail. Nous les diviserons en :

1° *Organes de mise en mouvement ;*

2° *Organes servant à la régularisation du mouvement ;*

3° *Organes d'impulsion, d'accélération ;*

4° *Organes de réaction ;*

5° *Organes d'arrêt, d'intermittence, dans l'effet de la force.*

Deuxième série. Ceux-ci se rapportent à la géométrie de position des organes et des éléments sur lesquels on opère. Ces derniers paraîtraient *à priori* devoir être placés dans la série des opérateurs, mais l'importance de la résistance dynamique y est tellement moindre que celle de la disposition géométrique des organes qui servent à effectuer le travail, qu'ils doivent être rangés ici ; c'est ainsi qu'on a toujours considéré le mouvement des aiguilles d'une montre au point de vue géométrique, et non comme surmontant la résistance qui s'oppose à leur mouvement. Nous distinguerons :

6° *Organes produisant la disposition des objets en ligne droite ;*

7° *Organes produisant la disposition des objets en ligne courbe,*

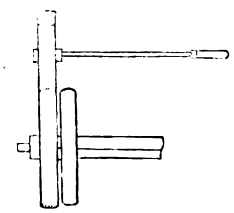
8° *Organes servant à produire l'entrelacement ;*

9° *Organes séparateurs, classificateurs et diviseurs.*

I. Organes de mise en mouvement.

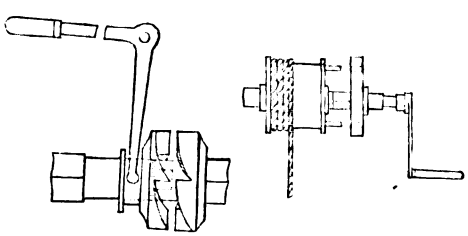
Le récepteur étant généralement amené à fournir le mouvement circulaire à un axe, on emploie plusieurs moyens de transmettre ou de suspendre à volonté l'action de l'arbre principal ou d'arbres secondaires mis en mouvement par celui-ci sur d'autres axes de rotation :

1° *Poulie folle.* Quand les forces transmises sont peu considérables (le travail pouvant cependant être assez grand si la vitesse est grande), la communication se faisant en général au moyen d'une courroie entourant le tambour mû par le récepteur et une poulie montée sur l'axe à mouvoir, on emploie avec avantage une poulie folle (fig. 1640). C'est une poulie montée sur l'arbre à côté de celle qui transmet le mouvement, mais avec cette différence qu'au lieu d'y être assemblée, elle tourne librement. En poussant la courroie au moyen d'une fourchette terminée par un levier que l'on meut horizontalement, on la fait passer de la poulie fixe à la poulie folle. Le mouvement de la courroie continue sans éprouver de résistance et sans entraîner l'axe qui passe ainsi à l'état de repos et repasse à l'état de mouvement en opérant à l'inverse. Un des grands avantages de ce système, outre sa simplicité, consiste en ce que la courroie, en repassant sur la poulie fixe au lieu de surmonter par un choc brusque la force d'inertie, glisse et ne surmonte que peu à peu la résistance opposée, de manière que le mouvement n'a lieu avec toute sa vitesse qu'après un temps appréciable et sans choc.



1640.

2° *Embrayage.* Quand la force à transmettre est plus grande, on emploie l'embrayage. La fig. 1641 fait comprendre facilement ce mécanisme. Elle représente 2 axes mis bout à bout : l'un porte une roue fixe dentée sur son plat, et l'autre une roue semblable, mais dentée inversement, qui glisse sur l'axe, en étant toutefois forcée de tourner avec lui à cause de saillies horizontales de l'arbre qui pénètrent la roue. En faisant mouvoir cette seconde roue au moyen du levier adapté au collet qui



1641. 1642.

l'entoure, le deuxième arbre sera entraîné par le premier, ou restera en repos suivant que les deux roues seront réunies ou séparées.

Cet effet peut être obtenu autrement que par les roues de l'organe ci-dessus. Des mentonnets adaptés à la partie glissante et venant rencontrer des trous dans

Digitized by Google

l'autre partie (fig. 1642), ou bien encore la partie glissante construite en forme de manchon, venant envelopper l'extrémité polygonale de la partie à mouvoir, telles sont les formes les plus fréquemment employées.

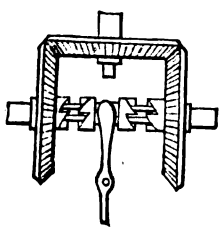
Ce dernier moyen est le plus employé quand il s'agit de grandes forces, mais en général il y a toujours quelque danger de rupture dans cette réunion subite de parties en mouvement et de corps en repos; au reste, il est rare qu'il y ait lieu de les employer pour les parties de la machine destinées au travail principal qu'elle doit accomplir, puisque, dans ce cas, le plus simple est d'agir sur la force motrice elle-même.

Ces deux organes sont mis en jeu par le mouvement alternatif du levier que porte la fourchette entourant la poulie ou le manchon d'embrayage.

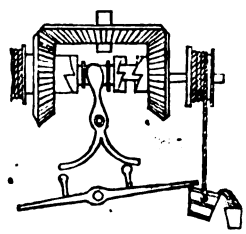
C'est bien souvent à la main qu'on fait mouvoir le levier guidant le manchon d'embrayage qui détermine le mouvement d'une partie de machine. On le fait quelquefois aussi mouvoir par les organes décrits plus loin, les régulateurs, pour proportionner l'action du moteur à l'intensité de la résistance.

Enfin, dans quelques circonstances, ce sont les parties mouvantes de la machine qui viennent mettre en jeu l'embrayage. Tels sont les deux systèmes (fig. 1643 et 1644) qui constituent, le premier un organe de changement de direction du mouvement circulaire continu, changement qui peut être périodique et par suite engendrer le circulaire alternatif; l'autre la production du mouvement rectiligne alternatif au moyen de deux mouvements circulaires ayant lieu en sens contraire.

La fig. 1643 représente une roue d'engrenage montée sur un arbre ayant un mouvement circulaire continu. Cette roue engrène avec deux autres roues folles sur leur arbre, mais qui peuvent être assemblées avec



1643.



1644.

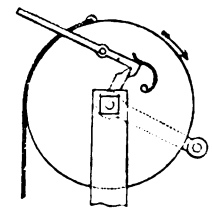
lui par le mandrin d'embrayage. Elles tournent évidemment toutes deux en sens contraire, et par suite entraîneront l'arbre dans un sens ou dans l'autre, suivant la position de l'embrayage.

Dans le cas représenté dans la fig. 1644, le mouvement circulaire produit sur l'axe horizontal sert à élever, au moyen de poulies, les cordes soutenant deux seaux. On termine la branche du levier qui guide l'embrayage par une fourche dont les extrémités pourront être atteintes par des saillies placées sur une barre horizontale; un seau en s'élevant rencontre l'extrémité du levier, ce qui le fait basculer et le force à se vider en même temps que la saillie placée sur la barre fait basculer le levier qui guide le manchon jusqu'à ce que l'engrenage ait lieu avec l'autre roue, d'où changement de direction du mouvement, descente du premier seau et élévation du second, jusqu'à ce que celui-ci rencontre la barre, et ainsi de suite.

Ce système peut donner idée des moyens variés de mettre en jeu mécaniquement les embrayages pour déterminer des actions indépendemment de l'action de l'ouvrier, au moyen de mouvements convenables imprimées à époque déterminée à la tige du levier qui mène le manchon d'embrayage.

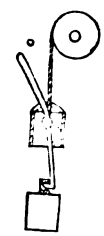
On doit considérer encore comme des organes de la nature des embrayages :

Les *roues à détente*. La fig. 1645 représente ce genre d'appareil. Il se compose d'un arbre mû par une manivelle portant une saillie. Sur le même arbre est montée à frottement doux une poulie qui porte une détente formée d'un levier à crochet pressé par un ressort. Quand ce crochet appuie sur la saillie de l'arbre, le mouvement se communique à la roue qui fait monter la corde, que porte sa circonférence, attachée à un poids quelconque. Le mouvement se continue ainsi jusqu'à ce que le levier, rencontrant l'extrémité d'une cheville fixe, vienne à basculer, il se décroche, et le poids suspendu à la corde descend en faisant tourner la roue.

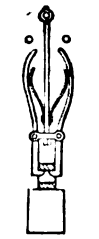


1645.

Les *déclics*. Divers appareils sont employés dans les sonnettes qui servent à battre les pièces pour faire tomber le mouton. Les plus simples consistent, soit dans un crochet (fig. 1646), soit dans une pince munie de deux longues branches (fig. 1647), à laquelle le mouton est suspendu. Quand il est élevé par la corde



1646.



1647.

à la hauteur voulue, les extrémités de la pince ou du crochet se trouvent resserrées entre deux parties fixes, ou, rencontrant des saillies fixes, le mouton tombe.

On obtient le même résultat par diverses autres dispositions de même nature qui correspondent toujours à des moyens d'assemblage qui cessent par le mouvement. Ainsi, dans certains déclics, le cylindre en bois, sur lequel s'enroule la corde, n'est assemblé avec l'axe en fer que par une partie saillante. Ce cylindre s'élevant à mesure de l'enroulement sur la partie inférieure qui forme plan incliné, la partie saillante restant fixe, rencontre bientôt une gorge cylindrique pratiquée à l'intérieur, l'assemblage cesse et la corde se déroule.

La cataracte, employée pour faire donner à certaines machines à vapeur un nombre déterminé de coups de piston à l'heure, est un organe de ce genre. Elle consiste essentiellement en un vase qui se renverse ou un flotteur qui s'élève à une certaine hauteur par suite d'un écoulement d'eau constant, mouvements qui déterminent l'ouverture de la soupape à vapeur, et par suite une oscillation du piston. Un système analogue a été adapté avec succès aux machines soufflantes mues par machines à vapeur. De semblables dispositions ont une grande importance industrielle, parce qu'elles permettent de n'employer pour le travail à effectuer, que la quantité de travail rigoureusement nécessaire.

II. Organes servant à la régularisation du mouvement.

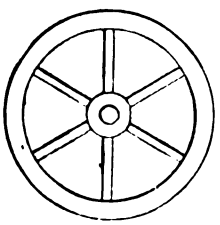
Les irrégularités du mouvement, presque toujours nuisibles au bon travail d'une machine, sont de deux

Digitized by Google

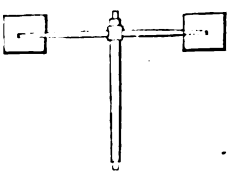
sortes, ou périodiques et renfermées dans des limites assez restreintes (celles-ci dépendent en général du mode d'action du moteur), ou croissant dans un sens et pouvant devenir considérables dans le cas où la résistance de l'opérateur ne croissant pas en même temps, le mouvement ne se régularise pas de lui-même par la production d'une plus grande quantité de travail Nous pouvons donc diviser les organes destinés à maintenir la vitesse des machines dans des limites convenables pour le travail à opérer en trois classes : 1° ceux qui font croître la résistance utile ; 2° ceux qui font naître une résistance nuisible ; 3° ceux qui font diminuer l'action du moteur.

PREMIÈRE CLASSE. La régularisation du mouvement se produit, pour ainsi dire, naturellement dans l'action des outils que quand ils vont plus vite, attaquant plus de matière et éprouvant plus de résistance. Quand l'action de l'outil et de la résistance ne sont pas directement opposés, comme le travail de la scie, on fait croître la résistance en augmentant la vitesse de la pièce de bois, comme le permet l'appareil dit *pied de biche* (figure 1609) employé dans les scieries mécaniques, donnant le mouvement circulaire à la roue, qui à l'aide d'une crémaillère fait avancer le châssis qui porte la pièce de bois. Dans les moulins à blé, l'appareil bien connu dit *Babillard* remplit les mêmes fonctions, en faisant croître avec la vitesse la quantité de blé qui tombe sous les meules.

DEUXIÈME CLASSE.— *Volants à jantes pesantes.* Ces volants (fig. 1648), qui se meuvent avec une grande rapidité, fournissent le moyen le plus usité de compenser les inégalités périodiques de l'action du moteur. L'inertie de leur masse cause une résistance en apparence nuisible, qui s'oppose à l'accélération



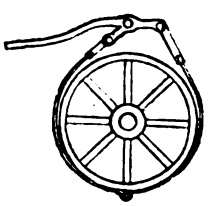
1648.



1649.

du mouvement ; mais au lieu d'être consommé comme dans les organes ci après, le travail emmagasiné vient s'ajouter au travail utile, quand la vitesse vient à diminuer, et permet de surmonter des résistances supérieures à l'effet direct du moteur ; toutefois, le travail considérable consommé par le frottement de l'axe chargé d'un poids considérable, doit faire limiter le volant aux dimensions rigoureusement nécessaires.

Volants à ailettes (fig. 1649). Ces volants régularisent le mouvement en faisant détruire partie du travail par la résistance occasionnée, par la résistance de l'air qui croît proportionnellement au carré de la vitesse. Ils sont fréquemment employés dans les horloges.



1650.

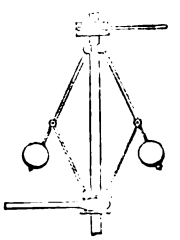
Freins. On peut de même employer le frottement pour empêcher l'accroissement de la vitesse. On emploie à cet usage les freins (fig. 1650), à l'aide desquels on consomme l'excès de travai, la produire un frottement. Un semblable système ne peut évidemment être employé que dans quelques cas particuliers, car il vaut bien mieux, en effet, diminuer l'action du moteur que consommer inutilement le travail en résistances inutiles.

TROISIÈME CLASSE. C'est à modérer l'action du moteur que servent ces organes. Quand le moteur est intelligent, qu'il s'agit de l'emploi de la force musculaire, elle se limite par l'action du moteur même : mais pour les moteurs naturels, l'eau ou la vapeur, c'est en diminuant les volumes agissant dans l'unité de temps qu'on y parvient, en faisant mouvoir les vannes ou les robinets d'introduction.

La puissance devenant supérieure à la résistance, les vitesses de toutes les pièces de la machine croissent en même temps, et si l'entrée de la vapeur, en prenant d'abord le cas de la machine à vapeur (nous reviendrons plus loin sur les applications aux moteurs hydrauliques), était réglée par une pièce en mouvement, il semble qu'il devrait passer davantage de vapeur dans l'unité de temps, et le mouvement encore s'accélérer par ce motif. C'est par l'intervention d'une force étrangère, celle de la pesanteur, qu'on a résolu le probleme.

Pendule conique. L'appareil qui réalise ces conditions est le pendule conique représenté fig. 1651, tel qu'il a été appliqué par Watt à la machine à vapeur.

L'axe avec lequel il est assemblé étant mis en mouvement par un engrenage communiquant avec les rouages de la machine ; les boules qui, à l'état de repos appuient sur l'axe, prennent des positions inclinées dans la direction de la résultante de la gravité et de la force centrifuge, qui résulte de la vitesse de rotation de l'axe. La gravité étant constante et la force centrifuge croissant avec la vitesse, les boules s'élèveront d'autant plus que celle-ci sera plus considérable. Dans ce mouvement l'articulation (portant un anneau glissant sur l'axe) qui joint les boules se redressant, le manchon articulé qui les réunit et qui entoure l'axe, s'élève, et dans le cas d'une machine à vapeur fait mouvoir un levier qui ferme la valve d'admission de la vapeur, d'autant plus que la vitesse est plus grande.



1651.

On doit déterminer le poids des boules et la position du levier par la condition que la vapeur arrive en quantité suffisante lors de la vitesse du régime, et qu'elles puissent aisément faire mouvoir le levier dans les variations de vitesse.

C'est surtout dans les machines à vapeur que le pendule conique a trouvé une tres heureuse application ; ainsi, dernièrement, on a non seulement utilisé son effet à intercepter l'entrée de la vapeur, mais encore à accroître la détente, et par suite à économiser le combustible, quand le travail doit diminuer.

On emploie quelquefois le pendule conique pour faire varier la position de la vanne, qui laisse passer l'eau qui s'écoule sur les roues hydrauliques. Dans ce cas, le levier fait mouvoir un manchon à deux griffes, sur lequel il est monté à frottement doux, manchon se mouvant sur un arbre que fait tourner la machine. Cette griffe rencontrant une roue folle sur l'axe la rend solidaire, et à l'aide d'une crémaillère fait monter ou descendre la vanne. Ce système d'embrayage double est figuré fig. 1643.

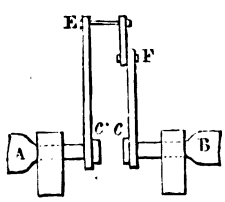
Les gonflements résultant de l'action de l'humidité sur le bois, rendent les résistances des vannes trop variables pour que ces appareils fonctionnent d'une manière aussi satisfaisante, à beaucoup près, que pour les machines à vapeur.

Digitized by Google

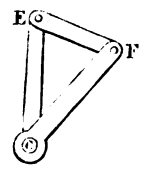
On doit remarquer que l'effet du régulateur à boules n'est pas instantané; il se passe toujours un certain temps avant que la vitesse de régime soit rétablie; l'appareil ne saurait par conséquent remédier aux variations de vitesse de très courte durée.

M. Molinié a inventé, dans ces dernières années, un régulateur à air qui lutte avec succès avec le pendule conique. Il consiste essentiellement dans une espèce de soufflet à double effet mû par la machine. La caisse régulatrice, s'élevant d'autant plus que le mouvement est plus rapide, l'orifice de sortie de l'air restant le même, agit sur la tringle qui meut la valve d'arrivée de la vapeur.

Ressort dynamométrique. M. Poncelet a proposé le système suivant pour régulateur. Supposons que l'axe moteur AB (fig. 1652), qui transmet le mouvement à des mécanismes tels que ceux d'une filature, etc., soit interrompu en *c* et *c'*; que le mouvement d'une partie de l'arbre à l'autre soit communiqué à l'aide de deux manivelles dont les boutons E et F (fig. 1653) sont réunis par une bielle EF articulée et perpendiculaire

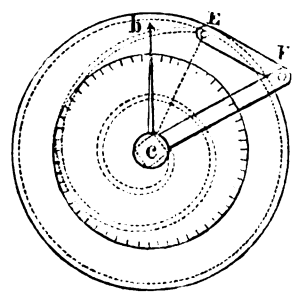


1652.



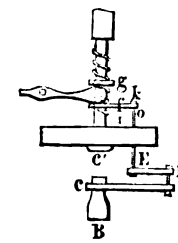
1653.

au bras CE; remplacez maintenant ce même bras CE par un tambour cylindrique renfermant un ressort en spirale (fig. 1654), lié d'une part à l'axe AC et de l'autre à la surface du tambour comme dans le barillet des montres, enfin supposez que le tambour puisse tourner librement autour de son arbre arrondi à cet effet; il est évident que le bouton E, attaché à la base du côté de la puissance, sera tiré par la bielle EF avec un effort égal à celui qui est nécessaire pour vaincre les résistances de l'arbre AC; par suite le ressort spiral sera bandé, le barillet tournera plus ou moins autour de son arbre, et l'angle qu'il aura décrit mesurera l'effort exercé en E, parce qu'en ce point la bielle EF se trouvera perpendiculaire au rayon EC. Imaginez à côté du tambour une aiguille *c b*, fixée à l'arbre, elle pourra servir à mesurer la tension du ressort à chaque instant, ou l'effort de la résistance: de là résulte un nouveau dynamomètre qu'on rendra sensible à volonté. Maintenant rien n'est plus facile que de communiquer le mouvement du tambour autour de son arbre à un manchon *fg* monté sur *c'A* (fig. 1655), et dont la surface intérieure est creusée en écrou, tandis que la surface de CA est taillée en vis. E *k* représente une tige saillante fixée au tambour, et qui pénètre dans l'œil d'une tige saillante *fo* fixée au manchon. Ainsi, dès que la résistance de la machine augmentera ou diminuera, le manchon *fg* avancera ou reculera par suite du mouvement relatif du tambour sur son arbre,



1654.

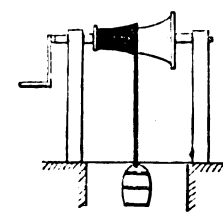
et il poussera le levier *g l* destiné à ouvrir une vanne plus ou moins. Connaissant le rapport de la puissance motrice à la résistance ou effet utile que l'on veut produire sur l'opérateur, on pourra régler le mouvement du manchon ou de la vanne, de façon qu'il y ait à chaque instant équilibre, malgré les changements de résistance de l'opérateur, et cela presque instantanément. Ce système, qui est en même temps un dynamomètre, nous paraît devoir être utilement appliqué aux machines; le ressort spiral recevra d'ailleurs une force proportionnelle aux efforts qui doivent être exercés, et sa construction n'offrira aucune difficulté.



1655.

Réservoirs. L'emploi de régulateurs d'un autre ordre, servant à régulariser l'effet même de la machine, est fréquemment employé à rendre à peu près constant l'écoulement des gaz. L'élasticité des gaz, qui fait varier rapidement leur pression, fait que l'emploi d'un vaste réservoir suffit le plus souvent pour régulariser suffisamment leur mouvement pour de faibles variations de la force motrice.

Un autre régulateur plus parfait consiste dans l'emploi d'une cloche renversée sur un liquide et chargée d'un poids déterminé, ou, ce qui revient au même, d'un piston chargé se mouvant dans un corps de pompe. Quand la quantité du gaz augmente, la pression reste constante, car, pour la moindre augmentation de pression, la cloche s'élève et la capacité augmente; elle diminue au contraire, et la cloche baisse si la consommation devient plus considérable que la production.

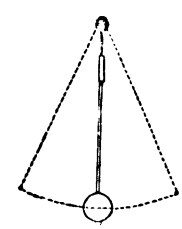


1656.

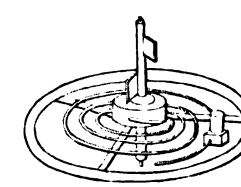
Certains appareils régulateurs consistent dans un moyen de faire en sorte que la résistance demeure constante. Tel est le tambour régulateur (fig. 1656) qui rend la résistance indépendante du poids de la corde, et permet par suite l'action d'une même force avec une vitesse constante.

Pendule. Tout mouvement parfaitement régulier peut devenir la base d'un système régulateur, mais on ne doit considérer comme tels que les mouvements produits exclusivement dans ce but. Ils se réduisent à deux systèmes, le pendule et le ressort spiral.

Le pendule (fig. 1657) mis en mouvement oscille avec une régularité parfaite par l'effet de la gravité;



1657.



1658.

le ressort spiral (fig. 1658) (voir ci-après ORGANES DE RÉACTION) employé dans les montres donne aussi des

Digitized by Google

oscillations parfaitement isochrônes, quand son élasticité étant très grande, ses dimensions sont convenablement déterminées.

Ces corps, possédant un mouvement parfaitement régulier, pourront servir à faire arriver à intervalles égaux dans des positions identiques, les organes d'arrêts dits échappements dont nous parlerons ci-après, et qui, suspendant l'effet de la force à intervalles réguliers, forment la base de toutes les machines employées à la mesure du temps.

III. Organes d'impulsion.

On doit considérer à part ces organes, car bien qu'ils ne constituent qu'un moyen de transmettre le mouvement d'une partie de machine à l'outil, néanmoins ce n'est que dans des cas exceptionnels que cette partie est lancée brusquement en abandonnant les parties voisines, et les transformations de mouvement que nous avons décrites précédemment ne s'appliquent qu'à des mouvements réguliers et continus.

On obtient en général l'impulsion en faisant bander un ressort par une pièce douée d'un mouvement alternatif, rectiligne ou circulaire, qui fait mouvoir l'arrêt qui le maintient dans la position convenable pour que la pièce à lancer vienne se placer. Le ressort, en se détendant quand on soulève l'arrêt, lance la partie qui est appuyée sur lui.

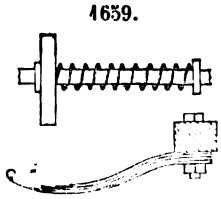
Quelquefois on obtient ce résultat par le choc brusque d'une partie mouvante contre une partie fixe, mais cette disposition est inférieure à la première, et il résulte toujours quelque inconvénient de l'action destructive du choc qui a lieu, et qu'on amortit en partie au moyen de parties élastiques, de cordes, etc., dans les directions où le choc brusque n'est pas nécessaire ; c'est ainsi qu'on fait mouvoir la navette dans le métier mécanique à tisser.

IV. Organes de réaction.

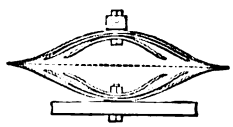
Ce sont encore les ressorts qui forment la base ordinaire des organes de réaction ; c'est leur élasticité qui permet de reproduire inversement les effets produits par un premier mouvement et de rendre en un temps assez long une action momentanée ou inversement. Quelquefois, mais plus rarement, les contre-poids sont utilisés pour atteindre le même but.

Ressort en spirale. Les organes appelés renvideurs, employés dans une des plus nouvelles inventions relatives aux problèmes les plus compliqués du tissage, le BATTANT-BROCHEUR de M. Meynier, reposent sur l'emploi du ressort en spirale agissant dans le sens de la circonférence des spires. Le fil déroulé de la navette pendant le mouvement du battant est renvidé par l'action du ressort spiral qui a été tendu par l'action de dévidement.

1659.



1660.

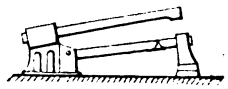


1661.

Cet organe, encore nouveau, est peut-être un de ceux qui doivent faire le plus de progrès à l'industrie du tissage mécanique en évitant les embarras résultant des fils dévidés dans les divers mouvements des fils de la trame.

Pour amortir une action dans un sens et la rendre en sens contraire, on se sert de ressorts, soit de ressorts en spirale dits *boudins* agissant dans le sens de l'axe du cylindre qu'ils forment (fig. 1659), soit de ressorts en lames (fig. 1660 et 1661). On a essayé inutilement dans quelques cas d'utiliser le ressort de l'air au moyen d'un piston compresseur, mais c'est un appareil beaucoup trop coûteux d'établissement et d'entretien.

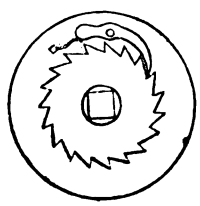
On comprend que de semblables appareils sont fort utiles pour amortir la force d'inertie et la restituer en sens contraire et éviter ainsi une perte de travail importante ; aussi les emploie-t-on dans grand nombre de machines dont certaines pièces ayant un mouvement rectiligne alternatif, viennent butter contre les extrémités de ces ressorts à la fin de la course dans un sens et sont remises en mouvement en sens opposé par l'effet du ressort, au moment même où la force motrice va changer de sens. Une forte pièce de bois encastrée par son extrémité forme un puissant ressort ; on en fait usage dans les marteaux de forges (fig. 1662).



1662.

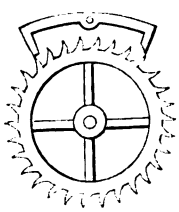
V. Organes d'arrêt.

1° *Organe qui ne permet de mouvement que dans un sens.* La roue à rochet fournit le moyen de permettre à un axe de tourner dans un sens, sans qu'il puisse rétrograder dans l'autre sens. La figure 1663 en montre la disposition bien connue.



1663

2° *Organes suspendant l'action par intermittence.* C'est sur l'emploi de ces organes, dits échappements, que repose presque tout l'art de la construction des horloges et appareils divers destinés à la mesure du temps. Un poids ou un ressort tendu fournit la force motrice dont l'action suspendue à intervalles réguliers fournit la mesure du temps écoulé. A cet effet on emploie soit les oscillations régulières du pendule dans les horloges de grande dimension ; soit les oscillations d'un ressort d'acier tourné en spirale, qui sont aussi égales par suite de sa parfaite élasticité ; ce dernier système est celui employé pour les montres et les chronomètres.



1664.

Quand le pendule est le régulateur, on emploie généralement l'échappement *à ancre* (fig. 1664).

La roue qui porte l'aiguille des secondes tend à tourner sous l'influence d'un poids ou d'un ressort tendu. Un pendule oscille dans des intervalles de temps parfaitement égaux, et entraîne avec lui dans son mouvement les deux ancres qui font corps avec lui. Dans la position représentée dans la figure la roue est arrêtée par l'ancre de gauche et l'action du moteur suspendue. Il en sera de même pour la deuxième ancre à l'oscillation inverse du pendule. En deux oscillations il passe ainsi une dent devant chaque ancre et la roue fait un tour en une minute, si elle porte 30 dents et si le pendule est de la longueur convenable pour battre les secondes.

L'action exercée par les dents de la roue sur les ancres suffit d'ailleurs pour rendre au pendule la quantité de mouvement qu'il perd en chaque instant par la ré-

Digitized by Google

sistance de l'air et des frottements et pour entretenir les oscillations qui sans cela s'arrêteraient bientôt.

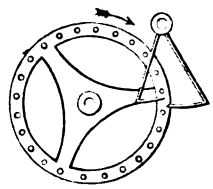
L'*échappement à chevilles* (fig. 1665) dans lequel l'action du pendule suspend et rend libre successivement chaque cheville est encore d'un très bon emploi.

Les échappements pour lesquels l'action de l'organe d'arrêt est régularisée par un ressort, comme cela a lieu pour les chronomètres, peuvent se diviser en :

1° Echappement à recul ;

2° Echappement à repos ;

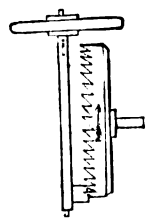
3° Echappement libre.



1665.

Echappement à recul. On nomme ainsi ceux dans lesquels la roue pousse continuellement le régulateur pendant toute la durée de son mouvement. Celui à ancre dont nous avons parlé est dans ce cas.

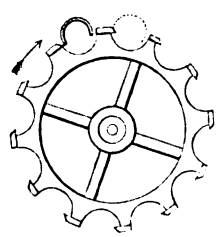
Dans l'échappement à roue de rencontre (fig. 1666) le mouvement alternatif du balancier est communiqué à un axe portant des palettes qui forment entre elles un angle d'environ 90°, en sorte que lorsqu'une dent de la roue sur laquelle l'une agit, échappe ; l'autre palette se présente à une dent diamétralement opposée de la roue qui l'écarte à son tour tellement que la roue tournant toujours du même côté, le balancier va et vient sur lui-même, forme des vibrations qui règlent et modèrent la vitesse de la roue.



1666.

Cet organe n'était qu'un régulateur bien imparfait jusqu'à ce que Huygens l'eût transformé en organe d'arrêt par l'application d'un ressort spiral au balancier.

Echappement à repos (fig. 1667). Dans ce système, le seul employé aujourd'hui pour les montres, la roue d'échappement est garnie de plans inclinés, saillants à la partie supérieure. Le balancier est porté par un arbre cylindrique dont une portion est creusée et forme en cette partie un demi-cylindre creux. La roue en y entrant se trouve arrêtée par la rotation du balancier qui amène la partie pleine du demi-cylindre vers l'extrémité de la dent qui y est entrée. Le retour du balancier la laisse sortir et ainsi à chaque oscillation une dent entre et sort avec la régularité qui résulte de la perfection du ressort spiral qui entoure l'axe du balancier.

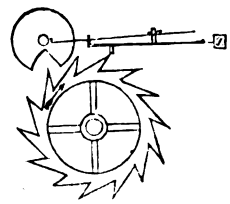


1667.

Cet échappement est à repos, en ce sens que l'action de la roue d'échappement est suspendue pendant que la dent est engagée dans le cylindre.

Les frottements sont assez grands dans ce système pour que, malgré la construction des cylindres en matières très dures, l'usure y soit assez notable et les résistances assez grandes pour qu'on ait dû chercher pour les chronomètres d'extrême précision des systèmes moins simples, mais d'un meilleur effet.

Echappement libre (fig. 1668). Cet échappement est aussi à repos, car après l'impulsion, la roue reste immobile, condition essentielle d'une grande régularité, mais ce repos diffère de celui des échappements précédents en ce que la roue, après son impulsion, ne touche ni ne s'appuie sur aucune partie mue par le régulateur.



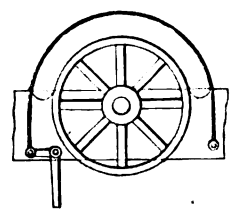
1668.

Elle est arrêtée par une pièce distincte de celui-ci, de telle sorte que le régulateur achève sa vibration indépendamment de l'échappement.

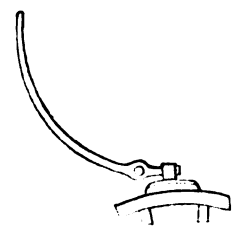
Voici comment il agit : le balancier en faisant mouvoir l'axe auquel est fixé une petite saillie qui rencontre par dessous un long ressort très flexible, fait soulever l'arrêt qui arrête le mouvement ; quand il rencontrera le ressort par dessus, il ne fait que courber ce ressort qui est très fin, afin de s'ouvrir un passage pour terminer son oscillation.

Les échappements constituent des organes qui permettent de prolonger l'action d'une force, c'est ainsi que dans les horloges l'action d'un ressort tendu à de longs intervalles suffit pour imprimer le mouvement pendant un long espace de temps, l'échappement aidé par les volants à ailettes ou balanciers à ressort ne lui permettant de se détendre que peu à peu.

3° *Organes suspendant le mouvement.* En outre des organes qui déterminent la production de la force motrice,

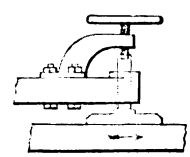


1669.



1670.

les vannes pour l'eau, les robinets pour la vapeur, etc., et dont la fermeture arrête la production de tout travail, nous devons ranger dans les organes d'arrêt ceux qui suspendent l'action d'une force en faisant naître une résistance supérieure à la puissance. C'est surtout le frottement qu'on emploie à cet effet au moyen de freins (fig. 1669) qui s'appliquent presque toujours sur les parties des machines dont le mouvement est circulaire. La fig. 1670 représente le frein employé pour les voitures.



1671.

Sur quelques pièces glissantes on obtient le même effet au moyen de vis de pression serrant directement la partie sur laquelle le mouvement a lieu (fig. 1671).

VI. Organes pour disposer les objets en ligne droite.

Pour disposer en ligne droite des objets de même nature on emploie deux genres de procédés différents suivant qu'ils sont résistants, ou mous et fibreux : ce dernier cas est de beaucoup le plus important, c'est celui de la plus considérable peut-être de toutes les industries, celle de la filature.

Pour le cas des corps résistants on peut employer, pour les corps de forme allongée, le procédé usité dans la fabrication des aiguilles. Il consiste à agiter par des chocs brusques et répétés la boîte qui contient celles-

Digitized by Google

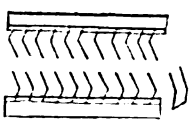
ci mélangées pêle-mêle. Le choc ayant lieu également sur les aiguilles disposées dans le sens de la longueur de la caisse, ne les dérange pas, tandis que celles placées obliquement recevant le choc par une extrémité se déplacent et se rangent peu à peu dans la longueur de la caisse.

On pourrait dans des cas semblables faire glisser les corps sur un plan incliné portant des rainures dans lesquelles ils peuvent entrer en se redressant, lorsqu'on donne au plateau un mouvement de trépidation.

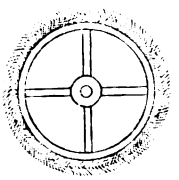
Dans plusieurs cas le corps est saisi au moyen de pinces qui, se mouvant tout en se fermant et s'ouvrant, au moyen d'excentriques, à l'instant voulu, portent le corps à l'endroit convenable à un moment déterminé.

Pour les corps fibreux, c'est par la carde ou le peigne, et par l'étirage qu'on obtient cette disposition en ligne droite.

La carde (fig. 1672) est composée de deux peignes à dents recourbés et à dentures opposées auxquels on imprime des mouvements rectilignes en sens contraire l'un de l'autre. Les extrémités de chaque fibre, arrêtée par



1672.

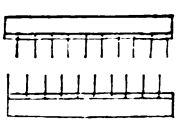


1673.

une dent du premier système, sont redressées par deux dents du second qui les quittent, après les avoir disposées parallèlement.

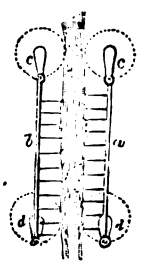
En disposant les cardes sur des tambours (fig. 1673), on obtient d'une manière continue, au moyen d'un mouvement circulaire continu, le même travail.

Les peignes (fig. 1674) ne diffèrent des cardes qu'en ce que les dents sont droites et plus résistantes; ils produisent le même effet et s'emploient de la même manière.

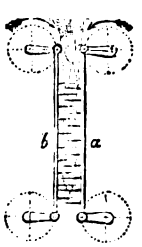


1674.

On les fait agir d'une manière continue en les disposant sur des tambours, mais le plus souvent ils sont disposés en ligne droite, et on leur donne le double mouvement de pénétration et de peignage par un double mouvement alternatif de haut en bas et d'avant en arrière. C'est ainsi qu'ils agissent pour le peignage du lin, dans la peigneuse Girard (fig. 1675 et 6676), où ce



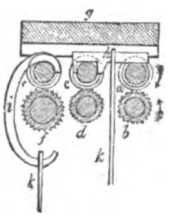
1675.



1676.

double mouvement est obtenu à l'aide de manivelles, montées sur l'axe de roues dentées se mouvant avec la même vitesse.

Étirage. Les fibres étant disposées par le travail de cardes en rubans parallèles, leur réunion forme un boudin dont on doit faire un fil. On y parvient, comme le fait la fileuse à la main, en étirant le ruban trop épais, en faisant glisser les fibres les unes sur les autres jusqu'à ce que la grosseur du ruban soit convenable pour faire le fil. C'est donc dans le sens de la longueur qu'on déplace les fibres. L'organe qui sert à cet effet consiste en cylindres cannelés (figure 1677), distants de centre en centre d'une longueur plus grande que celle des fibres à étirer; tous animés d'un mouvement circulaire continu (égal pour chaque paire de cylindres) et dont le deuxième système est animé d'une vitesse plus grande que le premier sur lequel passe le fil, ou, ce qui revient au même, a un diamètre plus grand pour une même vitesse angulaire. Il en résulte donc un étirage et un accroissement de longueur. En effet, la longueur du ruban qui aura passé sur le premier couple de cylindres dans un temps donné, sera égal à la circonférence d'un des rouleaux multiplié par le nombre des révolutions pendant ce temps. Il en sera de même pour les autres couples, donc si ceux-ci sont d'un diamètre plus fort avec la même vitesse ou d'un diamètre égal avec une vitesse plus grande, il passera entre eux une plus grande longueur de fil, celui-ci se sera donc allongé par l'étirage.

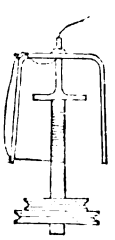


1677.

Cet admirable organe est la base sur laquelle reposent les merveilleux résultats de la filature moderne.

VII. Organes de disposition des objets en ligne courbe.

La disposition dont il s'agit ici n'est guère usitée que pour la torsion des fibres, afin de les assembler, en rendant par cette disposition le frottement de glissement égal à la résistance propre des fibres, de manière qu'ils se rompent, plutôt que de glisser les uns sur les autres.



1678.

L'appareil le plus employé pour produire cet effet, et qui comprend les autres, est la broche (fig. 1678). Nous allons donner la description de l'organe le plus complet de ce genre, la broche du banc à broches employée dans la filature de coton, qui résout le double problème de la disposition des fibres en ligne spirale pour former le fil, et de l'enroulement du fil autour de la bobine.

La broche se compose de deux ailettes, dont une creuse, qui se font équilibre. Le fil entrant près de l'axe sort par l'extrémité d'une des ailettes. L'axe de la broche traverse la bobine dans toute sa longueur de manière que l'ailette et la bobine peuvent être mues avec une vitesse de mouvement circulaire différente. La bobine possède de plus un mouvement rectiligne alternatif dans le sens vertical qui permet l'enroulement régulier du coton sur toute la surface.

Si la bobine restant fixe, la broche tourne, il y aura enroulement du coton sur la bobine de toute la longueur de circonférence à la bobine, correspondant à l'espace angulaire parcouru à l'extrémité de l'ailette et de plus torsion du fil, puisqu'entrant par l'axe, il a tourné sur lui-même de la même quantité angulaire que la broche.

Digitized by Google

Si le nombre des tours de la broche dans un temps donné est le même que celui de la bobine, les vitesses angulaires étant égales, les mêmes points des broches restant dans les mêmes plans méridiens avec les mêmes points des bobines, l'enroulement est nul et le fil s'est tordu. Si les broches restant fixes, les bobines tournent, il y aura enroulement du coton sur les bobines, de toute la longueur parcourue par un point quelconque de la circonférence sur laquelle l'enroulement a lieu. Quant au fil, il n'est pas tordu car il n'a fait que se présenter tangentiellement à la surface cylindrique de la bobine perpendiculairement à la génératrice.

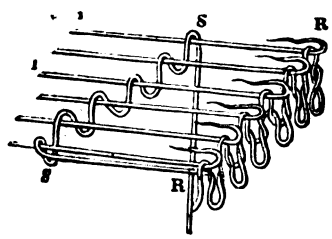
Enfin, si l'on donne à la bobine un mouvement rectiligne de va-et-vient convenable, en même temps qu'on lui communique un mouvement de rotation, le fil s'enroulera également sur toute la hauteur de la bobine.

VIII. Organes servant à produire l'entrelacement.

Les divers ordres d'entrelacement de fils qui constituent la fabrication si importante des tissus s'obtiennent au moyen de quelques organes primitifs, que les machines compliquées, au moyen desquelles on obtient les tissus, sont destinés à faire fonctionner.

Tissus à un seul fil. — Tricots. Les tricots sont formés par les entrelacements d'un même fil dont les boucles passent successivement dans celles précédemment formées. On le fait à la main, au moyen de deux aiguilles sur lesquelles s'enroule le fil pour donner la grosseur de la maille. Ces aiguilles sont pointues. Une maille, sortant d'une des aiguilles, l'autre y fait passer le fil libre et passe dans la boucle ainsi faite, et ainsi de suite, pour continuer en repassant de la seconde aiguille sur la première.

On n'a pas cherché à exécuter ce travail mécaniquement par la copie du travail des aiguilles à la main, ce qui eût été fort difficile, mais on obtient le même résultat par l'aiguille du métier à bas (fig. 1679) qui offre l'avantage de permettre de faire, en une seule opération, une rangée entière du tricot. Cette aiguille en



1679.

acier est terminée par une partie élastique dont l'extrémité rentre, par pression, dans une rainure pratiquée dans le corps de l'aiguille. Si un tricot se trouve commencé, et toutes les dernières mailles passées autour du corps des aiguilles, on pourra retirer celui-ci en baissant la pointe de l'aiguille. Si donc auparavant, on a disposé un fil ondulé, en proportion de la grosseur de la maille, qu'on a fait entrer dans ces aiguilles en donnant à celles-ci un mouvement en arrière, ce fil formera une nouvelle série de mailles qu'il suffira de repousser sur le corps de l'aiguille pour recommencer une nouvelle opération.

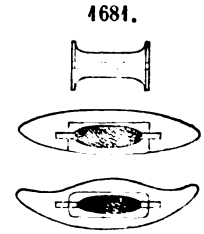
Tissus formés par l'entrelacement de fils disposés parallèlement. Les cordonnets, tulles, etc., sont faits par des fils parallèles, se dévidant de bobines, sur lesquelles ils sont contenus, et s'entrelaçant en raison du mouvement de ces bobines sans l'emploi d'aucun organe particulier.

Tissage proprement dit. Le tissage proprement dit, celui employé pour produire les étoffes, consiste à faire passer un fil continu qu'on nomme *trame*, entre des fils parallèles qu'on nomme *chaîne*, en faisant que ceux-ci se croisent.

Les organes essentiels de ce travail sont :

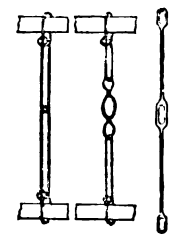
1° La navette (fig. 1680) renfermant la bobine (fig. 1681) sur laquelle le fil de la trame est enroulé et à laquelle un mouvement rectiligne alternatif doit être imprimé ;

2° Les organes qui servent à faire lever ou abaisser les fils de la chaîne ; ce sont les *lisses* (fig. 1682), composés de fils formant des boucles, quelquefois d'un œil de verre ou de métal passé autour d'un fil. A chaque lisse, ou réunion de lisses correspondant aux fils qui



1681.

1680.



1682.

doivent se lever en même temps, correspond une *marche* consistant, dans le métier ordinaire, dans un levier qu'on fait marcher avec le pied, pour agir sur le fil de la chaîne au moyen de la lisse réunie à la marche par un fil.

Quand le nombre de lisses est très considérable, comme c'est le cas pour les tissus façonnés, et que la complication de l'entrelacement du fil ne permet pas de les faire mouvoir par un petit nombre de marches, il faudrait alors lever successivement à la main les fils convenables, si on n'était parvenu à résoudre la question au moyen d'organes classificateurs extrêmement remarquables dont nous allons parler.

IX. Organes classificateurs et diviseurs.

Cette série d'organes offre un grand intérêt parce que leur invention permet, en général, d'obtenir par action mécanique des produits qu'il n'était possible d'obtenir qu'au moyen d'une multitude d'opérations. Les cribles, tamis, blutoirs, qui séparent d'autres corps ceux dont les dimensions sont moindres que celles de leurs mailles, peuvent être classés parmi les organes de cette nature ; mais c'est surtout dans la fabrication des tissus, dans lesquels on agit sur une multitude de fils, que des organes de cette nature sont employés ; mais ils peuvent trouver beaucoup d'autres applications. Ces organes sont bien distincts de l'outil avec lequel on les confond souvent ; ils ne font pas le travail utile, ils contribuent seulement à le rendre possible.

Procédé général de Jacquart. L'idée fondamentale de la Jacquart n'est pas seulement applicable à la fabrication des étoffes brochées, mais constitue un procédé général, une découverte capitale applicable dans beaucoup de cas particuliers.

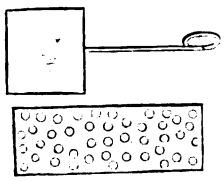
Dans le cas des étoffes, tous les fils de la chaîne, traversant des lisses, peuvent être mus par des fils attachés à des leviers, et ces leviers combinés avec des broches rigides ou aiguilles, de telle sorte que, si celles-ci se meuvent, les leviers se meuvent aussi, et par suite les fils de la chaîne. Si donc l'ensemble de ces aiguilles rencontre un prisme (fig. 1683) percé de trous correspondants à toutes les aiguilles, et qu'on applique sur la

Digitized by Google

surface de ce prisme un carton (fig. 1684) percé seulement d'une partie de ces trous, les fils correspondant à ceux-ci se lèveront seuls.

On conçoit donc que si on a découpé ainsi, d'après la nature du dessin, des cartons, au moyen d'une opération dite *lisage*, on pourra, quelque compliqué que soit un dessin, en exécuter le tissage d'une manière entièrement mécanique, puisque le dessin formé par la trame varie avec l'ordre de levée des fils.

1683.



1684.

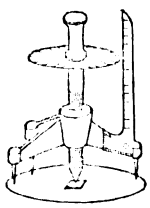
Tambour. Pour le cas d'étoffes qui ne sont pas trop compliquées, on peut appliquer un système qui a été repris dans ces dernières années, c'est l'emploi d'un tambour ou cylindre garni de parties saillantes comme le cylindre des orgues.

Si le tambour a été garni d'autant de rangées de touches qu'il y a de séries différentes de fils à lever pour former le dessin du tissu et que les touches de chaque rangée soient placées dans un ordre correspondant à celui des fils à lever à chaque coup de navette; en faisant tourner ce tambour pour présenter successivement chaque rangée de touches à la ligne des leviers commandant les lisses, on obtiendra les levées de chaîne suivant un ordre voulu. Ce système ne permet pas des combinaisons aussi multipliées que la Jacquart, pour laquelle le nombre des cartons peut être extrêmement considérable.

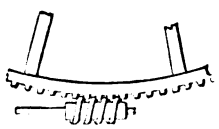
Organes diviseurs. La base des organes servant à opérer une division, est la vis; le pas de celle-ci pouvant être très fin et correspondant à un tour entier de la couronne circulaire qu'on peut monter sur sa tête, elle permet d'obtenir un très petit mouvement dans le sens de l'axe pour un grand mouvement de la tête.

C'est sur ce principe que repose le sphéromètre (fig. 1685), servant à mesurer les épaisseurs, la machine à diviser les lignes droites, la machine à diviser les roues, etc.

Pour les diviseurs des couronnes circulaires, on emploie la vis (fig. 1686) comme vis sans fin, conduisant le plateau dont la circonférence est divisée en un grand



1685.



1686.

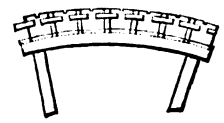
nombre de dents, 10000 par exemple. Si chaque tour de la vis fait avancer le plateau d'une dent, comme on peut facilement mesurer la centième partie de la circonférence de la couronne montée à la tête de la vis, on voit que si le pas de la roue est 1 millim., on pourra apprécier facilement le 1/100e de millimètre.

Il est facile de voir que l'on peut, au moyen d'une semblable division, soit tracer les lignes d'un cercle divisé, soit pointer sur une autre plate-forme des trous correspondants à un grand nombre de divisions, plates-formes qui sont la base des machines servant, dans les ateliers de construction, à tailler les roues dentées, etc.

Soit à tracer la division en 101 parties, en divisant 1000000 par ce nombre, on trouve 9901. Chaque division correspond donc à 99 divisions du compteur de la vis, plus 0,01 de division qui s'appréciera par un vernier avec une exactitude suffisante.

M. Decoster a appliqué dernièrement avec succès le principe de la répétition à une combinaison nouvelle de machine à diviser. Son système (fig. 1687 et 1688) repose sur l'emploi de blocs composés sur la jante d'une roue et pouvant s'écarter (et par suite la remplir en étant en nombre moindre) au moyen de cales aiguës s'intercalant entre ces blocs et mus ensemble par une couronne concentrique. L'heureuse application du principe de répétition sur la circonférence même d'une grande étendue du diviseur universel, doit permettre d'obtenir une grande précision à l'aide de cet outil pour la division de cercles, toujours dans la pratique d'un bien moindre diamètre que le diviseur.

1687.



1688.



QUATRIÈME SECTION.

Opérateurs.

Les opérateurs et outils étant la base de toute opération mécanique sont aussi variés que les divers travaux qu'on peut effectuer sur la matière. Les machines n'ayant, en général, pour but que de faire effectuer, au moyen des forces mécaniques, les opérations qu'on peut obtenir du travail manuel, de faire agir mécaniquement les outils, on conçoit aisément de quelle importance est la connaissance du mode d'opérer de ceux-ci, qui n'est pas moindre que celle des récepteurs, puisque ceux-ci ne sont utiles que pour faire mouvoir les opérateurs; c'est donc bien à tort que jusqu'à ce jour on a négligé de comprendre leur étude dans la science mécanique. On comprend aussi combien de grands résultats peuvent provenir d'un perfectionnement quelquefois, en apparence, minime, mais qui permet souvent l'introduction du mouvement par forces mécaniques dans des cas où ce mode d'opérer paraissait impraticable.

Comme le remarque M. Poncelet, l'opérateur est soumis, quant à l'économie du travail, aux mêmes conditions que le récepteur, c'est-à-dire qu'on doit préférer autant que possible les outils travaillant d'une manière continue, sans chocs mettant en jeu les actions moléculaires. C'est pour ce motif, par exemple, que les scies circulaires remplacent avec avantage les scies rectilignes, les laminoirs, le marteau, etc.

Les opérateurs et outils variant de nature et de forme en raison de la résistance à surmonter, nous les classerons en deux sections principales qui correspondent aux résistances considérées au point de vue dynamique et géométrique, de mouvement et de forme.

1° Résistance au mouvement comprenant les résistances dues à la pesanteur, à l'inertie et aux résistances passives.

2° Résistance pour faire prendre à un corps une forme déterminée.

Résistance au mouvement.

Résistance due à la pesanteur agissant verticalement.

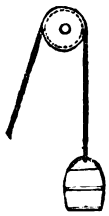
Cette section comprend tous les organes opérateurs des machines qui servent à l'élévation des fardeaux en général et notamment à l'élévation des liquides.

Digitized by Google

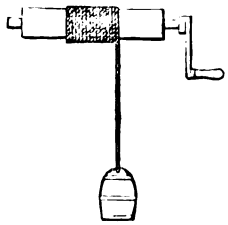
SOLIDES.

Le principal moyen d'élever un fardeau consiste dans l'emploi des cordes dont on entoure le fardeau ou à l'extrémité desquelles on attache la capacité dans laquelle il est placé.

Le problème de l'élévation des fardeaux consiste donc à donner à la corde un mouvement rectiligne continu d'ascension. Tous les organes produisant ce mouvement avec plus ou moins de vitesse seront donc capables de produire l'élévation des fardeaux à l'aide de forces variant, pour un même poids, en raison inverse des vitesses, telles sont les poulies (fig. 1689), *le treuil*



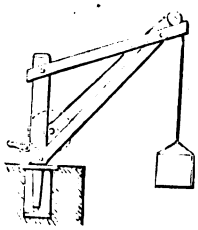
1689.



1690.

fig. 1690), *les grues* (fig 1691) (espèce de treuil permettant de saisir un fardeau placé à une certaine distance), *les vis*, etc., etc.

Les organes servant à donner un mouvement autre que le mouvement rectiligne et vertical peuvent servir également à élever les fardeaux, car la direction verticale n'est que celle de la résistance, une action non



1691.

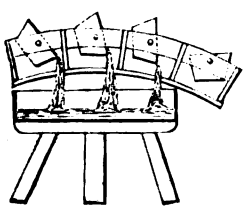


1692.

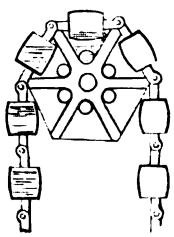
verticale agira par une de ses composantes. On doit donc comprendre dans ces organes le plan incliné (figure 1692) qui réduit la vitesse du mouvement rectiligne et le levier, base du mouvement circulaire alternatif.

LIQUIDES.

Tous les organes servant à élever les fardeaux peuvent servir également à élever l'eau préalablement renfermée dans des seaux ou vases de forme quelconque. Souvent ces vases sont disposés, soit sur la circonfé-



1693.



1694.

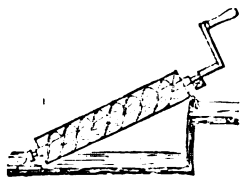
rence d'une roue (fig. 1693), soit le long d'une chaîne sans fin (chapelet) (fig. 1694), soit enfin dans l'intérieur même de la roue (tympan) (fig. 1695), ce qui permet de

leur donner un mouvement ascensionnel au moyen d'un mouvement circulaire des organes communicateurs.

Le plan incliné contourné autour d'un axe fournit l'importante machine, dite vis d'Archimède. La figure 1696 fait bien comprendre comment il résulte de



1695.



1696.

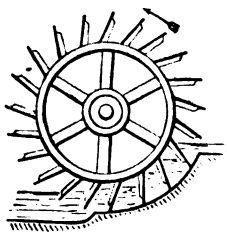
l'inclinaison de l'axe que le liquide parvenu en un point d'une spire se trouve retenu, et comment le mouvement de rotation de la vis fait élever cette eau jusqu'à la partie supérieure.

Cet opérateur est fréquemment employé dans les épuisements.

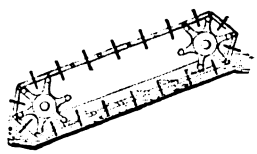
Pour que la machine puisse agir, il faut évidemment que l'angle qui mesure l'inclinaison de l'axe sur le plan horizontal soit moindre que l'angle constant que fait la tangente en chaque point de l'hélice avec ce même axe, afin qu'il existe sur chaque spire deux points où les tangentes soient horizontales. C'est la plus élevée des deux tangentes qui fixe le niveau de l'arc hydrophore, dont la valeur augmente pour une même vis avec son inclinaison.

On a quelquefois employé une véritable vis formée d'un tube enroulé en spirale autour de l'axe, dont l'effet est le même que celui de la vis d'Archimède, mais dont la construction est moins simple et ne peut guère s'effectuer sur de grandes dimensions.

Roues à palettes plates. Les palettes d'une roue, mues dans une direction inverse de celle dans laquelle se meuvent habituellement les roues à palettes, feront monter

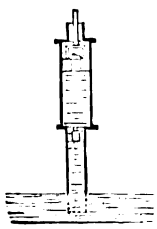


1697.



1698.

l'eau dans le coursier et élèveront à son niveau supérieur, qui ne peut atteindre celui du centre de la roue, l'eau qui est à la partie inférieure (fig. 1697). Les palettes peuvent encore se mouvoir sur une chaîne sans fin dans un conduit qui empêche l'eau d'échapper par leur pourtour (chapelet incliné) (fig. 1698).



1699.

Pompes (figure 1699). L'eau se trouvant introduite dans un corps de pompe cylindrique, si on fait descendre dans ce corps de pompe un piston muni d'une soupape s'ouvrant de bas en haut par la pression du liquide et qui, par suite,

Digitized by Google

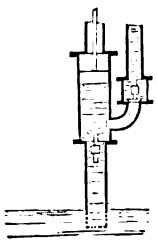
permettra au piston de descendre dans le liquide, on élèvera la colonne d'eau qui se trouvera au-dessus du piston, quand on fera remonter celui-ci, telles sont les *pompes élévatoires* qui servent à élever l'eau au moyen d'un mouvement rectiligne alternatif imprimé à la tige du piston. Si le piston était sans soupape et que celle-ci fût disposée à l'entrée du tuyau, l'eau serait refoulée par la pression du piston. Cette pompe est dite *pompe foulante*.

Pression atmosphérique. Le poids de l'atmosphère presse tous les corps qui existent à la surface de la terre ; si donc on parvient à supprimer en un point la pression atmosphérique, à faire le vide, les corps en communication avec ce vide devront se mettre en mouvement sous l'effet de cette force, s'ils ne sont retenus par une résistance trop considérable.

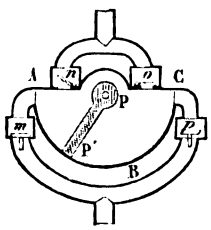
C'est toujours par la même disposition, dont nous avons parlé plus haut pour les pompes élévatoires, et, par suite, au moyen du mouvement rectiligne alternatif de la tige du piston qu'on parvient à faire un vide plus ou moins parfait dans l'espace qui communique avec le cylindre dans lequel est mû le piston qui, par le jeu de sa soupape, rejette l'air, comme nous avons dit qu'il élevait l'eau.

Si le corps de pompe communique avec un réservoir rempli d'eau, l'eau s'élèvera dans le tube de communication jusqu'à la hauteur de $10^m,33$, hauteur de la colonne d'eau qui fait équilibre à la pression atmosphérique. Telles sont les *pompes aspirantes* (fig. 1700).

Si un corps solide se trouvait en communication avec le corps de pompe et disposé de telle sorte que la pression atmosphérique ne pût s'exercer qu'à sa surface postérieure, ce corps se mettrait en mouvement et entraînerait (pourvu que la résistance ne fût pas trop considérable) les corps qui lui seraient attachés. C'est ainsi qu'agit le piston du chemin de fer atmosphérique.

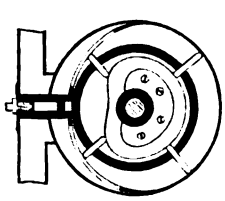


1700.

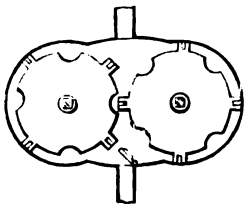


1701.

La fig. 1701 représente la pompe de Bramah qui peut agir au moyen d'un mouvement circulaire alternatif. Le corps de pompe a la forme d'un demi-cylindre



1702.



1703.

ABC. Le piston est ici PP', qui, agissant vers A, ferme la soupape *m* et ouvre la surface *n* en agissant comme pompe foulante, tandis que la soupape *p* est ouverte par le vide fait en arrière du piston, et la soupape *o* fermée par le poids de l'eau.

On a construit des pompes agissant par un mouvement continu de rotation. La fig. 1702 représente la pompe de Dietz, la plus usitée, dans laquelle les séparations mobiles rentrent et sortent par l'effet d'une courbe en cœur immobile, et produisent l'aspiration et l'élévation du liquide.

La fig. 1703 représente un autre système fort simple, mais avec aucun de ces systèmes on n'est parvenu jusqu'ici à produire un effet utile égal à celui des pompes à piston.

Machine à force centrifuge. Des tuyaux inclinés et plongeant dans un liquide sont fixés à un axe vertical et reçoivent un mouvement rapide de rotation autour d'un axe. Cette rotation produit une force centrifuge qui force les molécules liquides à s'élever le long des tubes inclinés d'où elles s'écoulent par les orifices supérieurs.

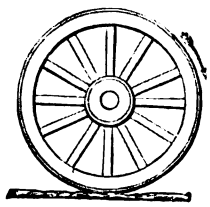
Le principe de cette machine, évidemment défectueuse, puisqu'elle abandonne l'eau animée d'une grande vitesse, a trouvé une heureuse application dans les machines à sécher les étoffes mouillées au moyen de la force centrifuge.

Résistances d'inertie. — Résistances passives.

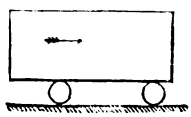
Nous diviserons les moyens employés pour mettre les corps en mouvement en quatre sections, savoir : traction, réaction, impulsion, compression.

Traction. Ce sont, en général, les moteurs animés qui agissent par traction et qui, au moyen des efforts que leur permet d'exercer la résistance qu'ils rencontrent dans le sol, déterminent le mouvement.

Les grandes résistances qui s'opposent au mouvement des solides sur le sol sont la compressibilité du sol sur un chemin de niveau, l'action de la gravité à surmonter sur les plans inclinés qu'il faut gravir, enfin le frottement qui a lieu pendant le mouvement. La première de ces résistances est résolue plus ou moins complétement par la construction des routes ferrées, pavées, mais surtout des chemins de fer. La seconde est diminuée autant qu'il est possible par les tranchées souterraines, viaducs, et, en un mot, par tous les travaux de l'art de l'ingénieur pour obtenir la voie la plus horizontale qu'il soit possible d'obtenir. La dernière est considérablement diminuée par l'organe bien connu, par les roues (fig. 1704) qui transforment, pour la très majeure partie, le frottement de glissement en un frottement de roulement beaucoup moins considérable. Les roues qui se meuvent circulairement quand le mouvement s'opère en ligne droite, ont permis d'effec-



1704.



1705.

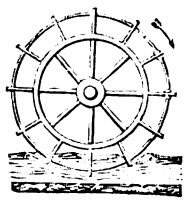
tuer le mouvement sans traction en agissant par pression sur les rais de la roue, lorsque celle ci éprouve sur le sol une résistance suffisante. Il en résulte un mouvement de rotation qui détermine le mouvement progressif de la voiture.

Les rouleaux (fig. 1705), si employés dans le transport des fardeaux, agissent comme les roues, en transformant en totalité le frottement de glissement en un frottement de roulement : le chemin décrit par le

Digitized by Google

fardeau est double du chemin parcouru par les rouleaux qui le portent.

Réaction. Pour se mouvoir à la surface de l'eau, indépendamment de la traction directe de moteurs placés à terre, ou de forces étrangères agissant dans le sens du mouvement, comme les courants, les vents, on ne peut employer comme point d'appui pour la force au moyen de laquelle on peut mettre le corps flottant en mouvement que la réaction du liquide, la résistance d'inertie qu'il oppose à se mouvoir lui-même.

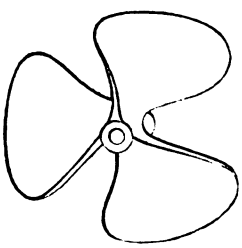


1706.

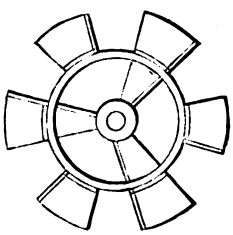
L'organe habituellement employé (en ne tenant pas compte de la rame employée à la main généralement; car son emploi par moteur mécanique, sous forme de pales articulées ou autre, n'a jamais procuré de bons résultats) est la roue à palettes (fig. 1706), qui, plongeant dans le liquide par la partie inférieure seulement, trouve dans l'eau une résistance suffisante pour mettre en mouvement le corps flottant sur les flancs duquel il est attaché. Il agit par un mouvement circulaire continu.

On a depuis peu essayé avec succès l'emploi d'un autre organe qui offre cela de remarquable, qu'il agit étant entièrement plongé dans le fluide; nous voulons parler de la vis qui, tournant dans l'eau, trouve une résistance de même nature que la vis qui entre dans le bois, ce qui la fait progresser, et par suite le bateau dont elle fait partie.

La figure 1707 représente la vis Smith à noyau



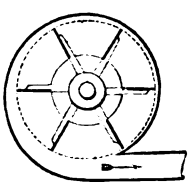
1707.



1708.

plein, et la figure 1708 la vis Ericson, qui n'agit que par des palettes éloignées de l'axe; elles opèrent également par un mouvement circulaire continu.

Impulsion. L'impulsion directe ne s'emploie guère, dans l'industrie, que pour donner aux gaz une grande vitesse dans l'appareil dit ventilateur (fig. 1709), qui n'est autre chose qu'une roue à palettes chassant l'air avec une grande vitesse dans un conduit terminé par une buse analogue à celle des autres machines soufflantes.

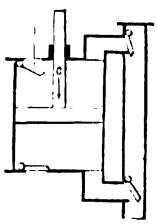


1709.

Compression des gaz. La grande élasticité des gaz permet de les mettre en mouvement, au moyen de leur compression dans un réservoir dont ils s'échappent par un orifice.

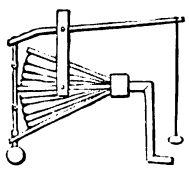
Le principal moyen de compression est l'emploi d'une pompe analogue aux pompes à eau (fig. 1710), la soupape s'ouvrant de l'extérieur vers l'intérieur, à chaque course une nouvelle quantité de gaz est comprimée dans le réservoir.

Au lieu de corps de pompe et de piston, on emploie souvent deux surfaces s'écartant et se rapprochant et réunies par des cuirs; ce sont les soufflets triangulaires (fig. 1711) ou cylindriques (fig. 1712) ou des caisses s'éloignant ou se rapprochant, pour les soufflerics de forges. C'est par le jeu des soupapes que l'air se trouve emprisonné, pour être ensuite comprimé et chassé par les mouvements rectilignes ou circulaires alternatifs des plateaux et caisses.

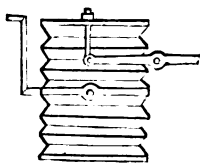


1710.

Une machine spéciale, la trompe (fig. 1713), réunit le moteur à l'opérateur. L'eau descendant d'un réservoir



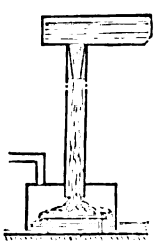
1711.



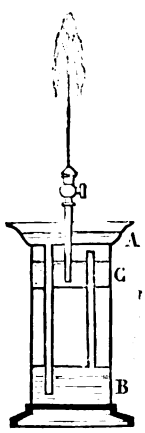
1712.

entraîne de l'air qu'elle dégage, en se brisant sur une table à la partie inférieure. Celui-ci ne peut s'échapper par le passage que ferme l'eau, et est forcé de sortir par la buse. Cette machine est très défectueuse au point de vue dynamique.

On doit à M. Cagniard de Latour une soufflerie mue par un mouvement circulaire continu; elle consiste dans une vis d'Archimède plongée dans un liquide, tournant inversement du mouvement nécessaire pour élever de l'eau. Une colonne d'air descend le long des spires, et s'écoule par la partie inférieure sous la pression due à la hauteur de la colonne d'eau au-dessus du point de sortie.



1713.



1714.

La compression de l'air sert aussi à élever les liquides dans la fontaine de Héron (fig. 1714) par sa propriété d'être un ressort parfait. On a construit une grande machine d'épuisement à Schemnitz, qui n'est que l'exécution en grand de cette fontaine. A, est une capacité contenant de l'eau. Elle communique avec une capacité B, renfermant de l'air à sa partie supérieure. L'eau du vase A s'écoulant dans la capacité B, le niveau s'é-

Digitized by Google

lèvera dans celle-ci : l'air sera donc comprimé dans sa partie supérieure, et par suite dans la capacité C, d'où l'eau jaillira par le tube qui descend jusqu'au fond de ce vase.

Résistance pour faire prendre à un corps une forme déterminée.

Des outils proprement dits. Le but des outils est d'opérer, par une action mécanique, un changement dans la dimension des corps, et de créer les différentes formes employées dans les arts. Produits de l'intelligence humaine, ils sont la base de toute civilisation. Les sauvages les connaissent à peine, ou ceux qu'ils possèdent sont si imparfaits, qu'il leur faut un temps infini pour arriver à produire la forme la plus simple. Aussi peut-on mesurer le degré de civilisation d'un peuple à la plus ou moins grande perfection de ses outils, à la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il parvient à donner à la matière une forme déterminée. Celui qui découvrit la propriété de l'acier de se durcir à la trempe, et de devenir ainsi l'agent au moyen duquel on peut attaquer la plupart des autres corps, a rendu à la civilisation le service le plus signalé. Sans cette découverte, nous serions peut-être encore à l'état barbare.

On peut travailler les différents corps à chaud ou à froid : toutes les matières ne se prêtent pas au premier genre de travail, parce qu'elles n'ont pas toutes la propriété de se ramollir sous l'action d'une température élevée. Aussi le travail à chaud n'est-il applicable que pour certains métaux, c'est le cas pour le fer : l'action de la chaleur ne fait que le ramollir, et c'est au moyen des outils agissant par *percussion* qu'on parvient à lui faire revêtir une forme déterminée. C'est un des cas peu nombreux, où l'emploi de l'acier ne soit pas indispensable : aussi le travail de la forge remonte-t-il à une haute antiquité. Il faut ajouter cependant que beaucoup de marteaux sont en acier ou garnis d'acier.

Dans le travail à froid, l'emploi de l'acier devient indispensable : ce corps, comme on le sait, possède la propriété de se durcir par la trempe, c'est-à-dire par un refroidissement brusque. Il est plus dur que les matières à travailler et plus dur que lui-même avant la trempe : aussi peut-on employer l'acier trempé à faire des outils d'acier non trempés, qui, lorsqu'ils auront subi la même opération que les premiers, deviendront propres à travailler presque tous les autres corps. L'opération de la trempe rend l'acier cassant; mais on parvient, au moyen du recuit, à diminuer sa fragilité en même temps que sa dureté, ce qui permet d'obtenir seulement le degré de dureté nécessaire; ainsi pour travailler des matières tendres, emploiera-on l'acier d'une faible dureté, afin de ne pas courir le risque de voir les outils se briser.

On ne rend dur, dans un outil, que la portion qui doit attaquer la matière à travailler; le reste n'étant pas trempé présente une plus grande résistance, et ne risque pas de se casser. La partie trempée, quoique plus dure que le corps qu'elle attaque, s'use toujours : aussi doit-on pouvoir la réparer avec facilité. Un outil n'est parfait qu'à cette condition, et toute disposition tendant à atteindre plus complétement ce but pour un outil, sera un perfectionnement réel.

Le grès possède la propriété précieuse d'attaquer l'acier trempé : c'est à l'aide de meules en grès tournant d'un mouvement continu qu'on affûte le taillant des outils, qui doivent être disposés, autant que possible, de manière à être affûtés facilement. La lime, la fraise, la filière simple, qui ne jouissent pas de cette propriété, ne sont pas des outils parfaits. Une lime usée ne peut plus être employée; il faut la rejeter. Une fraise usée doit être détrempée et limée de nouveau, et on sait qu'il n'y a rien qui appauvrisse ou décarbure l'acier, comme d'être trempé et détrempé souvent.

Quand les outils sont importants, il est souvent avantageux de faire le corps en fer, et d'ajuster des parties d'acier fondu là où de la dureté est nécessaire. Ce cas se présente dans les cisailles; il est alors facile d'affûter les parties qui travaillent, et de les remplacer quand elles viennent à se briser. Dans beaucoup de petits outils, on soude l'acier à l'extrémité du corps en fer.

L'importance extrême des outils et du travail qu'ils doivent effectuer fait aisément comprendre l'intérêt que présente l'étude de leur mode d'action, du mouvement le plus convenable qu'on doit leur donner, puisque c'est cette connaissance seule qui peut permettre de remplacer le travail de la main par l'emploi des forces naturelles, et aussi de quelle importance est souvent l'invention de nouveaux outils dus, en général, au travail patient et intelligent de l'ouvrier.

Nous avons rappelé au commencement de ce chapitre, en traitant des opérateurs en général, toute l'importance, tant pour le bon emploi de la force motrice que pour la régularité de l'action de l'outil, d'obtenir des outils agissant par mouvement circulaire continu.

Nous diviserons les outils en trois sections principales, en remarquant que les surfaces dont on fait usage dans les arts ont, en général, pour génératrices la ligne droite ou le cercle, ou des lignes dont la génération se déduit du mouvement d'un cercle ou d'une ligne droite, les seules dont l'exécution et le tracé puissent être obtenus avec facilité :

1° Outils agissant par *pression*. { action rectiligne, / action circulaire.

2° Outils agissant par *usure*, en enlevant en parcelles très menues l'excédant de la matière . . . . . { action rectiligne, / action circulaire.

3° Outils agissant par *division*. . . . . { action rectiligne, / action circulaire. . . . . { de l'outil, / du corps sur lequel on opère. / action suivant une courbe. { à l'extérieur. / à l'intérieur.

I. Outils agissant par pression.

ACTION RECTILIGNE

Avec choc. Nous traiterons d'abord des outils agissant par choc, puis ceux agissant sans choc. Comme nous l'avons déjà dit, les premiers ne doivent être employés qu'autant que la nature du travail à effectuer exige absolument ce mode d'opérer, et ils doivent être remplacés par les seconds toutes les fois qu'il est possible d'obtenir ainsi le même travail.

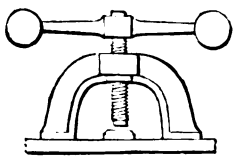
Un corps dur, pesant, soulevé et retombant d'une certaine hauteur, ayant par suite un mouvement rectiligne ou circulaire alternatif, est le principal opérateur pour agir par choc; tels sont le *mouton*, le *pilon*, et les *marteaux* soulevés verticalement par l'action d'un moteur. Ces organes servent à réduire en poussière les corps non malléables, et à donner aux corps malléables la forme de la force du marteau et du support inférieur dans lequel ils sont reçus, qui est dit *matrice* quand la forme est compliquée et qui doit être très résistante pour ne pas être détruite par le choc; elle est habituellement en acier trempé.

Le *balancier* (fig. 1715) dont la partie agissante se meut en ligne droite par communication d'un mouvement circulaire est un outil agissant par percussion d'une grande puissance. En effet, la force vive emmagasinée dans les boules pouvant être considérable, et le corps déjà écroui, se laissant pénétrer difficilement, il en résulte

Digitized by Google

une pression énorme pour amortir la force vive par un faible enfoncement.

Si le but à atteindre est, comme dans le balancier, d'obtenir l'amortissement presque instantané des forces d'inertie, alors, pour obtenir un choc, pour rendre la vitesse des parties en mouvement plus grande, on augmente le pas de la vis, et pour augmenter la résistance on emploie plusieurs filets de vis égales qui agissent simultanément.



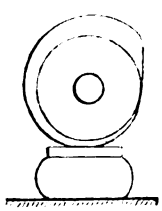
4715.

Quand le corps malléable sur lequel on opère a une épaisseur suffisante, c'est par un refoulement général du corps qu'on agit pour lui donner la forme voulue; par le refoulement général de la masse dans l'étampe-matrice, à l'aide d'un marteau dont la surface est plate, etc. Si le corps est peu épais on ne saurait agir ainsi sans détruire la matrice, souvent précieuse, lorsqu'il s'agit du travail de l'orfévrerie, de la bijouterie, etc. Il faut alors, quand on veut obtenir des arêtes très vives donner la percussion avec un corps dur (un *coin*) dont la saillie rentre exactement dans la matrice qui lui correspond.

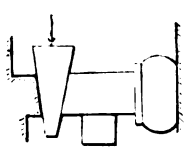
On peut se dispenser de l'emploi du coin quand on ne veut obtenir, sur des plaques minces, que des surfaces en ronde-bosse d'une moindre perfection que celles obtenues ainsi à l'aide d'une gravure coûteuse. Il faut alors employer un corps mou, le plomb par exemple, qui se moule lui-même sur la matrice, de telle sorte que l'inertie du choc se porte en entier sur les parties saillantes qui doivent être refoulées. C'est ainsi que se fabriquent les cuivres estampés.

Si au lieu de mouler les corps on voulait découper dans une pièce, il faudrait chasser le poinçon, l'emporte-pièce à travers la pièce à travailler avec une grande puissance. Les organes pouvant donner avec l'énergie suffisante le mouvement rectiligne convenable seraient ceux dont nous venons de nous occuper, c'est-à-dire le marteau, le mouton, le levier, le balancier à vis, l'excentrique, etc.

Sans choc. Dans les opérateurs, opérant sans choc, se rangent les diverses espèces de presses, consistant en deux plateaux qui se rapprochent l'un de l'autre par l'action d'une force. Le *levier*, le *coin* (fig. 4716), mû souvent par choc, la *vis* (fig. 4718), dont le pas est



4716.

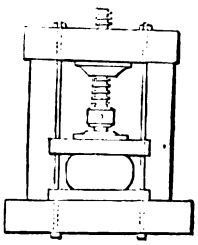


4717.

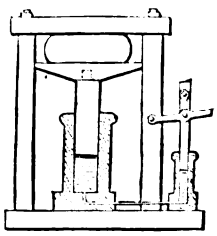
alors petit pour que la pression soit considérable, l'*excentrique* (fig. 4717), sont les organes principaux qui servent à déterminer le mouvement d'un plateau; ce sont, en un mot, les organes qui peuvent lui donner un mouvement rectiligne.

Nous devons citer ici l'introduction du choc dans les presses à vis dites à *toc*, qui en accroît considérablement l'effet. On garnit la tête de la vis d'un volant en fonte d'un poids considérable qui, indépendant en partie de la vis, peut tourner autour de son axe. En lui imprimant une certaine vitesse, ce volant produit un choc sur la tête de la vis au moyen de faces planes verticales pratiquées sur le cylindre de la vis. Ce choc la fait tourner, car il en résulte un effet considérable par suite du chemin peu considérable du travail qui consomme la force vive du volant.

Pascal, mettant à profit l'incompressibilité des liquides et leur propriété de répartir les pressions en tous sens, a inventé la presse hydraulique (fig. 4719), qui multiplie dans le rapport des surfaces du grand à



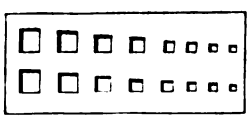
4718.



4719.

celle du petit piston l'effort exercé sur celui-ci, et permet d'obtenir des pressions extrêmement considérables. Le mouvement à imprimer pour faire agir cet opérateur est donc un mouvement rectiligne alternatif à la tige du piston.

Il est un outil qui reste fixe pendant que l'on donne au corps sur lequel on opère un mouvement rectiligne, c'est la *filière* du banc à tirer (fig. 4720). Elle consiste généralement en une plaque composée d'une étoffe d'acier, soudée entre deux plaques de fer pour qu'elle ne s'égrène pas, et dans laquelle sont percés des trous de la section du fil que l'on veut obtenir.

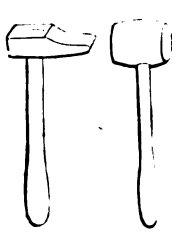


4720.

Quelquefois, au lieu d'une plaque, on emploie des coussinets en acier maintenus dans un châssis, telle est la filière mécanique. Le corps, contraint à traverser par un effort de traction, se trouve prendre une forme cylindrique dont la section extérieure est celle de la filière. En disposant un mandrin cylindrique à l'intérieur du corps, on obtiendra des tuyaux creux. Il faut avoir soin de faire mouvoir le corps à étirer lentement et d'une manière continue pour qu'il ne rompe pas, et se désagrège pas en petits cônes emboîtés. Il faut pour cela le faire passer par des trous successivement décroissants et le faire recuire pour restituer aux molécules leur adhérence.

ACTION CIRCULAIRE.

Les outils agissant avec choc sont les *marteaux* (figure 4721), *martinets*, etc., se mouvant par un mouvement circulaire alternatif, et qui sont le moyen d'action par excellence pour agir sur les corps assez malléables, à froid ou à chaud, pour que leurs formes soient modifiées sans qu'ils se désagrégent.

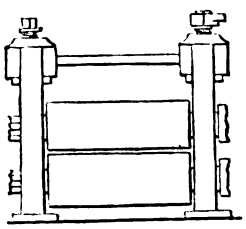


4721.

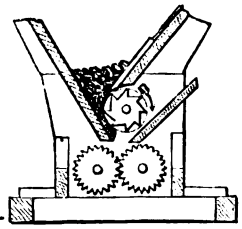
Le *laminoir* (fig. 4722) est le principal outil de cette section agissant par action circulaire continue, aussi son emploi prend-il chaque jour de l'accroissement, et est-il extrêmement avantageux. Le corps entrant entre

Digitized by Google

les deux cylindres, entraîné par leur rotation en sens contraire, s'écrase et s'allonge en augmentant de densité. Si les deux cylindres sont plats, on étire ainsi le métal en planches. S'ils sont cannelés, on produit des cylindres dont la section correspond à celle des cannelures; si l'un des cylindres porte un relief et l'autre un creux correspondant, le corps laminé reproduira la forme du corps engendré par l'intervalle des deux cylindres à la ligne de contact. La résistance énorme qu'éprouve le laminoir, oblige à employer un volant d'un poids considérable pour qu'il puisse surmonter la résistance qui s'oppose au mouvement.



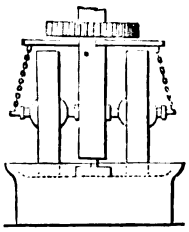
1722.



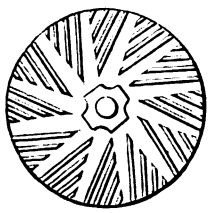
1723.

Un petit cylindre en acier trempé, dit molette, et gravé en creux ou en relief, permet, par une action circulaire analogue à celle du laminoir, de graver par action mécanique des corps moins durs que lui, le cuivre, l'acier non trempé, etc.

Le laminoir à cylindres unis, ou cannelés dans le sens des génératrices (fig. 1723), agissant sur des corps non malléables, produit l'écrasement. On emploie encore les meules verticales (fig. 1724) et horizontales (fig. 1725). Les premières agissent à la fois par leurs poids et par le mouvement de friction qu'occasionne le mouvement autour d'un axe.



1724.



1725.

Les secondes qui marchent plus vite agissent par la pression qui résulte de leurs oscillations, et aussi comme outils coupants, au moyen de rainures pratiquées dans la surface de la meule supérieure en sens contraire de celles de la meule inférieure qui est fixe. Telles sont les meules pour moudre le blé.

II. Outils agissant par râpage et polissage.

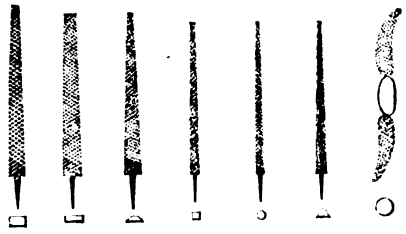
ACTION RECTILIGNE.

Les *limes* (fig. 1726) de toute espèce constituent l'organe par excellence de ce mode de travail, qui, n'enlevant à la fois que de petites quantités de matière, permet d'obtenir les formes convenables avec une grande exactitude.

Leurs formes extérieures, leurs tailles, varient avec la forme qu'il s'agit d'obtenir, avec le degré de précision à atteindre dans le dressage.

Le grand défaut de la lime est d'être un outil coûteux dans son emploi, tant parce que d'après son mode d'action son travail est lent, que parce que c'est un outil qui ne peut se repasser, s'affûter, que par suite la moindre usure le met hors de service.

La taille des limes, qui forme autant de dents qui déchirent la surface du corps, doit être en rapport avec la dureté du corps sur lequel on opère, et la rapidité du travail à effectuer suivant l'état plus ou moins avancé du travail de dressage. L'écartement des dents doit être



1726.

en rapport avec la *sécheresse du corps*, pour que la lime ne s'empâte pas. C'est, d'après ces considérations, qu'on emploie la râpe pour le bois, l'écouenne pour l'ivoire, les grosses limes dites d'Allemagne, pesantes, et à taille résistante pour débiter, des tailles de plus en plus fines pour terminer et polir les pièces.

Les parties saillantes de la lime peuvent être remplacées quelquefois par des grains d'un corps dur. Ainsi le grès composé de grains très durs agglomérés dans une masse moins résistante forme une espèce de lime et remplit le même effet dans certaines opérations. C'est ainsi que le grès sert à affûter les outils.

Les grès en poudre, l'émeri, servent à rôder les surfaces. Si on place, par exemple, du grès entre deux surfaces de marbre et qu'on les promène l'une sur l'autre, sous une certaine pression, les parties saillantes des surfaces se rôderont sous l'effet du mouvement horizontal imprimé à une des surfaces.

L'émeri sert de même à polir l'acier trempé; la surface qui le reçoit doit être assez tendre, d'étain par exemple, pour que l'émeri s'incruste et ne soit pas chassé par le frottement de la pièce que l'on promène sur la surface.

Nous verrons ci-après l'emploi de la poudre de diamant pour produire le même effet.

ACTION CIRCULAIRE.

Un cylindre portant des saillies très dures est la disposition généralement employée pour effectuer circulairement un travail analogue à celui de la lime. Telles sont les meules d'acier taillées comme les limes, à la circonférence, qui servent à faire les pointes des aiguilles.

Les piles à papier, qui lacèrent le papier au moyen de lames placées sur les circonférences d'un cylindre et qui le déchirent en le comprimant entre leur circonférence et un plan immobile, constituent un outil de ce genre.

Le grès constitue naturellement un appareil de ce genre, extrêmement précieux, parce qu'il permet de repasser les tranchants en acier trempé en usant la surface de l'acier. On l'emploie sous forme de meules que l'on fait mouvoir autour d'un axe et contre la circonférence desquelles on applique l'objet en acier par la partie que l'on veut user.

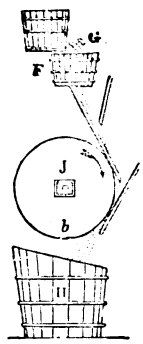
Le mouvement de rotation est très favorable à l'intensité d'action de l'intermédiaire qui agit sur le corps dur, par la facilité que l'on éprouve à l'obtenir avec une grande vitesse d'où résulte l'accroissement d'effet. C'est

Digitized by Google

ainsi qu'il est employé (fig. 1727) pour tailler les cristaux.

En disposant de l'émeri en poudre sur une meule en étain, on agit très bien sur l'acier trempé, et en s'en servant sur le plat, on dresse ainsi des pièces plates avec précision.

Enfin, en employant de l'égrisée, du diamant en poudre, on attaque le diamant et on met à nu les plans du clivage. Ce moyen est même le seul qui puisse servir à tailler le diamant, le corps le plus dur de ceux sur lesquels on opère, et qui par suite ne peut être attaqué par aucune substance moins dure que lui, et ne peut être attaqué par lui-même, par un corps d'égale dureté, qu'autant que la vitesse et la répétition de l'action viennent accroître l'usure infiniment petite qui a lieu à chaque instant.



1727.

Tout le travail du lapidaire repose sur l'emploi de la roue, et d'une poudre très dure.

Il est un genre de polissage qui, sans enlever de matière d'une manière sensible, est destiné à donner à un corps de l'éclat, du poli. Cet effet résulte du frottement d'un corps dur parfaitement poli, exempt de toute arête qui puisse produire une rayure sur le corps à polir, sous une certaine pression.

C'est surtout par un mouvement rectiligne alternatif qu'on produit cet effet, qui a pour but de boucher tous les pores, de replier toutes les facettes qui ne réfléchiraient pas la lumière. L'instrument en os, en corne pour les substances molles, en acier trempé pour les substances dures, prend divers noms et différentes formes suivant celles du corps à travailler, tels sont les *polissoirs*, les *brunissoirs*, etc.

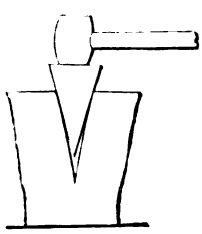
Toutes les poudres dures et très fines, l'émeri, le verre pilé, la ponce, etc., polissent les corps contre lesquels on les fait frotter. Pour les corps de faibles dimensions on emploie souvent des tonneaux que l'on fait tourner autour de leur axe après les avoir remplis de ces poudres et du corps à polir.

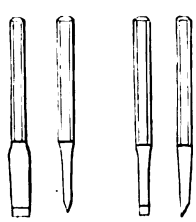
III. Outils agissant par division.

ACTION RECTILIGNE.

Outils agissant sur les corps durs. Les outils opérant par division séparent les parties excédantes au moyen d'un tranchant en forme de coin, sur les propriétés duquel reposent tous les outils servant à diviser, dont le tranchant n'agit que comme coin (fig. 1728); c'est-à-dire, sépare le corps en deux parties en refoulant la matière des deux côtés par les surfaces inclinées.

L'angle du tranchant doit être en proportion de la résistance du corps sur lequel on opère, en remarquant que l'incision a lieu d'autant plus facilement qu'il est plus aigu et que la force qui pousse le burin n'est plus employée en aussi grande quantité à refouler de chaque côté le corps sur lequel on opère. Un tranchant trop aigu se recourbe ou s'égrène suivant la dureté de la trempe, en agissant sur un corps dur. On ne doit jamais descendre au-dessous de 24° pour travailler la fonte et l'acier. L'outil agissant en forçant le corps moins dur que lui à se déplacer devant lui quand il est en mouvement, si donc l'outil est aigu du tranchant, et poussé en avant avec une force suffisante, tel que le *burin* du graveur ou le *burin* à buriner (fig. 1729) du mécanicien, il enlèvera des copeaux aigus ou plats du corps.

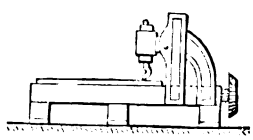

1728.


1729.

Dans l'emploi de ces outils mus à la main, ou, pour le dernier, chassé à coups de marteau, l'action est essentiellement variable, et la surface qui pourra être ainsi dressée ne saurait être plate ; condition qui, étant le point de départ de tous les assemblages, doit presque toujours être remplie avec une grande précision. Aussi faut il reprendre avec la lime les surfaces dressées au burin, ce qui cause un travail long et coûteux, tant par la lenteur de l'opération que parce que, ainsi que nous l'avons dit, la lime est un outil imparfait qui est rapidement usé et ne se répare pas comme le ciseau par un repassage.

C'est un des grands progrès de l'art du constructeur, d'avoir obtenu pour le fer l'effet que nous verrons plus loin avoir été obtenu pour le bois, au moyen du rabot; nous voulons parler des *machines à raboter*, *à planer*, qui ont permis de substituer avec avantage le travail mécanique du ciseau au travail de la lime mue à la main, et avec tous les avantages d'un travail bien plus rapide par la possibilité d'employer de grandes forces à faire mouvoir l'outil.

Ces machines (fig. 1730) consistent en un train se mouvant sur des guides parallèles et auquel est adapté un ciseau qui se meut transversalement à la fin de chaque course. Le ciseau n'attaquant qu'une faible épaisseur, et surtout ne pouvant descendre, et produisant par suite une surface nécessairement plate, opère avec facilité et produit des surfaces parfaitement droites des plus grandes dimensions.


1730.

En donnant au ciseau un mouvement vertical alternatif on construit les machines à mortaiser qui fonctionnent d'après les mêmes principes.

Corps beaucoup moins durs que l'acier et corps fibreux. Le tranchant des outils agissant sur les corps fibreux, le bois notamment est formé d'un angle bien plus aigu que celui des outils qui agissent sur les corps durs. L'action de coin, d'écartement des surfaces diminuant en proportion de l'inclinaison, ces outils ont peu d'effet par leur simple pression perpendiculaire aux fibres. Mais si on donne aux tranchants un double mouvement rectiligne en les faisant mouvoir dans le sens de la longueur, le tranchant formé d'une série de dents extrêmement fines, coupe les fibres, et le travail avance beaucoup plus vite. C'est ainsi que s'emploient le *canif*, le *couteau*, le *rasoir*, etc. (fig. 1731).

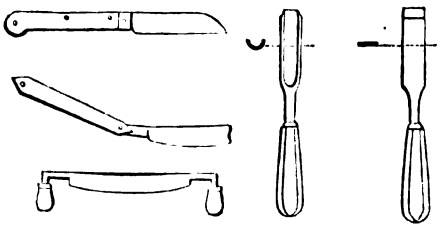
Pour que le tranchant agisse bien par l'effet d'un seul mouvement rectiligne, on courbe la lame, ainsi qu'on le fait pour les sabres, d'où résulte le double effet décrit ci-dessus. On construit ainsi la *plane* (fig. 1731), outil tranchant qui se manie à deux mains.

Le *burin*, le *ciseau*, la *gouge*, etc. (fig. 1732), affûtés convenablement, agissent sur les corps fibreux, comme les outils analogues sur les corps durs.

Pour travailler et dresser le bois dans le sens des fi-

Digitized by Google

bres, on emploie le *rabot* (fig. 1733), qui n'est autre chose qu'un fer de ciseau incliné pour couper et retourner les fibres du bois et guidé par un prisme de bois dans lequel il est monté et qu'il dépasse d'une petite quantité.

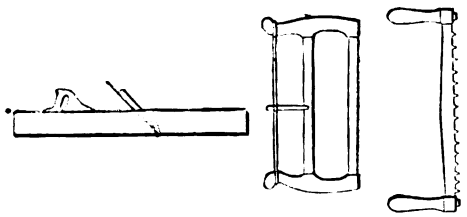


1731. 1732.

La face de ce prisme s'appliquant sur la surface à dresser, l'empêche de pénétrer à des profondeurs irrégulières et plus grandes que la saillie du fer.

Du mode d'opérer des tranchants sur les corps fibreux, il résulte que leur action peut être augmentée, pour débiter plus vite, en rendant plus sensibles les petites dents dont il est formé, en les rendant discontinus. Telle est la *scie* (fig. 1734) composée généralement de dents de forme triangulaire, quelquefois en forme de crochet, taillées dans une lame d'acier tendue dans une monture.

Pour que cette lame n'éprouve pas de résistance par le frottement des parties latérales préalablement entaillées, on écarte les dents alternativement à droite et à gauche pour qu'elles produisent une fente plus épaisse que la lame. Cet écartement est la *voie* de la scie.

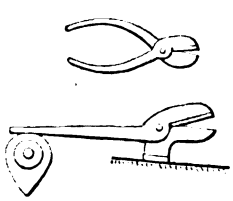


1733. 1734.

Dans les scieries mécaniques l'expérience a montré que la vitesse moyenne du châssis portant la scie, et auquel est imprimé un mouvement rectiligne alternatif, doit être de 1m,28 par seconde. Celle du chariot qui porte la pièce dépend de l'épaisseur de la pièce à débiter; la surface du sciage doit être d'environ 86 cent. carrés par seconde.

ACTION CIRCULAIRE. — ALTERNATIVE. La hache qui s'emploie pour le travail des corps fibreux est un outil tranchant d'un poids assez fort pour que l'action soit considérable par suite du choc.

Les *cisailles* (fig. 1735) constituent l'outil principal de cette division, se mouvant par mouvement circulaire alternatif. Variées de disposition, la partie opérant le travail consiste toujours en deux pièces d'acier à biseau extérieur ou à angle droit qui se meuvent au contact l'une de l'autre, de telle sorte qu'un corps placé entre les deux lames se trouve coupé par leur mouvement.



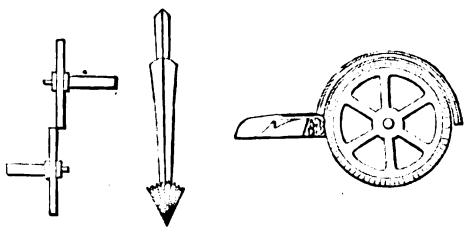
1735.

ACTION CIRCULAIRE CONTINUE. — EXTÉRIEURE AU CORPS. Les outils que nous venons de décrire peuvent la plupart être transformés ou disposés de telle sorte que leur travail puisse s'opérer au moyen d'un mouvement circulaire continu.

Des lames tranchantes disposées sur une inclinaison convenable dans le sens des génératrices d'un cylindre forment un outil tranchant qui agit par un mouvement de rotation. Telle est la *râpe* au moyen de laquelle on réduit la betterave en pulpe très fine (fig. 1738).

Si on juxta-pose deux cylindres d'acier par leurs arêtes tranchantes ou rectangulaires, on obtient une cisaille (fig. 1736) agissant par un mouvement circulaire continu. Les taillants des trousses de fenderie (voyez FER) sont des cisailles continues de ce genre.

En taillant en forme de dents, la circonférence d'une plaque circulaire de tôle, d'acier trempé, on obtient la *scie circulaire*, outil extrêmement avantageux et dont

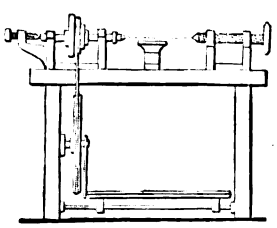


1736. 1737. 1738.

l'emploi s'accroît chaque jour. On leur donne à l'aide d'engrenages une vitesse de 3 à 6 mètres à la circonférence.

En entaillant la surface d'un solide de révolution qui se meut autour d'un axe, de manière à ce que les arêtes forment des tranchants, on obtient les outils désignés sous le nom générique de *fraises* (fig. 1737), dont l'emploi est très fréquent aujourd'hui. Coniques et agissant dans le sens de leur axe, elles servent à produire des cavités de cette forme; cylindriques et agissant latéralement, elles servent à former des rainures dont la section a la même forme que la génératrice droite ou courbe du cylindre; enfin planes elles servent à entailler et dresser des surfaces.

TRAVAIL DU CORPS MU CIRCULAIREMENT. Les *tours* (fig. 1739) constituent un mode de travail particulier, obtenu avec des outils fixes sur le corps en mouvement. Tandis qu'en général c'est l'outil qui marche et la pièce qui reste fixe, dans le tour la pièce en mouvement rencontrant l'outil fixe laisse sur celui-ci les parties qui excèdent le cercle compris entre l'axe autour duquel la rotation a lieu et l'outil.



1739.

Les moyens de communiquer à la pièce un mouvement circulaire continu ou alternatif sont ceux décrits dans les sections précédentes pour produire un semblable mouvement. Quant à l'outil, il se compose de burins aigus, droits ou recourbés, qui prennent le nom de crochets, de burins plats, etc.

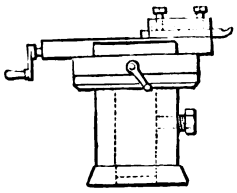
La pièce à tourner étant portée sur les deux pointes du tour dont l'une reçoit un mouvement de rotation continu, est rendue solidaire de celle-ci à l'aide d'un crampon. La vitesse du tour doit être en rapport avec

Digitized by Google

la résistance du métal. Voici les vitesses que l'on donne généralement :

Pour la fonte douce 0m,075 par seconde ;
la fonte dure 0m,020 par seconde;
le fer 0m,150 par seconde;
le cuivre jaune et le bronze, la plus grande possible.

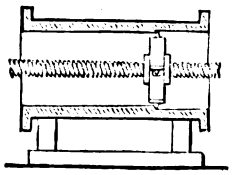
Par les mêmes raisons que nous avons données, pour montrer tout l'avantage qu'on retirait de la machine à raboter d'un système qui, limitant la course de l'outil, ne lui permet pas de s'engager au-delà d'un point dont le mouvement décrit la surface plate qu'il s'agit d'obtenir ; de même on a trouvé un grand avantage à employer sur le tour le *support à chariot* (fig. 1740), qui consiste en un train formé de deux pièces superposées pouvant communiquer un double mouvement rectiligne à angles droits à un burin fixé à la partie supérieure. Si donc on fait mouvoir celui-ci parallèlement à l'axe, le cylindre formé ainsi sera parfaitement régulier (sauf l'usure de l'outil, sensible en proportion de la résistance qu'on lui fait surmonter), puis faisant engager l'outil par l'effet de la disposition qui permet de lui donner un mouvement de progression vers l'axe central, l'opération recommence jusqu'à ce que le corps tourné soit amené au diamètre voulu.



1740.

Le support à chariot a fait du tour une machine-outil qui permet d'obtenir des cylindres avec plus de facilité même que des surfaces plates. Celles-ci peuvent être également obtenues sur le tour en les engendrant par une succession de cercles concentriques. Pour cela, il suffit de monter la pièce sur un seul des deux arbres du tour, et de placer le support perpendiculairement à cet axe.

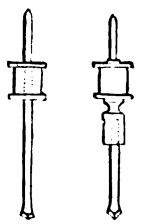
ACTION CIRCULAIRE.—INTÉRIEURE. Pour dresser les corps de pompe, les cylindres de machines à vapeur et de machines soufflantes, il a fallu établir une machine-outil consistant, comme la plupart des autres, dans un burin mû convenablement, c'est-à-dire dans ce cas, guidé autour d'un axe et pouvant prendre un double mouvement le long de l'axe et dans le sens de l'axe. Tel est l'alésoir (fig. 1741). Pour régulariser les trous de petites dimensions, on emploie un cylindre d'acier coupé par deux plans inclinés parallèles à l'axe, et mû à la main par un vilbrequin (fig. 1511) ; guidé dans le trou par sa partie circulaire, il le régularise en l'attaquant suivant toute sa longueur par sa partie angulaire.



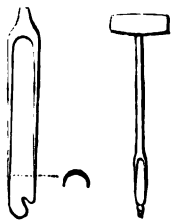
1741.

Forets, tarières, vrilles (fig. 1742 et 1743). Pour percer des trous dans les pièces on emploie des outils auxquels on donne un mouvement circulaire et une pression suffisante, et dont l'extrémité est formée de plans inclinés qui enlèvent le corps en le coupant et font ainsi place pour pénétrer plus avant. La fig. 1742 représente les dispositions du *foret*, dont l'angle doit être d'autant plus renforcé et le taillant plus obtus que le corps à percer est plus dur.

Pour le bois on emploie les *mèches* (fig. 1743) qui ayant un tranchant fin, une cuillère creuse, enlèvent la matière avec rapidité. Enfin les *vrilles* et quelques *tarières* pénètrent par une pointe formant le sommet d'une vis conique ou d'une surface hélicoïdale également conique extérieurement. Le mouvement de pénétration à travers les fibres du bois est ainsi très facile, et les rebords de la cavité qui permettent de loger



1742.



1743.

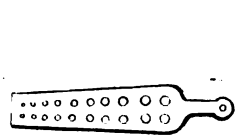
et porter à l'extérieur les parties coupées, agrandissent et régularisent le trou par l'action de leur bord tranchant.

ACTION SUIVANT UNE COURBE. La seule courbe employée dans les arts pour faire mouvoir un outil opérateur est l'hélice. Nous avons décrit la transformation de mouvement qui est la base de la machine-outil, dite *tour à fileter*, qui sert pour fabriquer les grosses vis et les gros écrous en faisant mouvoir un ciseau par le système indiqué.

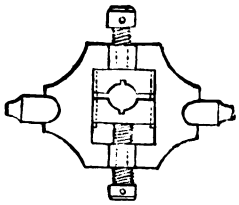
Pour fabriquer les pas de vis sur l'emploi desquels reposent presque tous les assemblages, on emploie la *filière* et le *taraud*. Ces outils, composés de tranchants qui attaquent la matière suivant une ligne hélicoïdale, pouvant être composés d'un seul fer dont le mouvement convenable résulte de la disposition de l'outil, telles sont les filières à bois et même certaines filières nouvelles en métal. Mais pour le fer on multiplie en général les taillants.

Filière. La fig. 1744 représente la *filière simple* formée d'une plaque d'acier dans laquelle on a pratiqué des trous. Après les avoir filetés au moyen d'un taraud, on leur a donné des arêtes en pratiquant des sillons, qui rendent tranchantes les arêtes des filets, et leur permettent de creuser la tige cylindrique qu'on y fait entrer et à laquelle on donne un mouvement de rotation.

Dans les *filières doubles* (fig. 1745) ces arêtes font partie d'une fraction d'écrou (ce qui permet d'en repasser les surfaces extérieures par un affûtage) qui se montent dans un châssis. Des vis de pression permettent de les serrer. Le pas de la tige se forme par le double mouvement de la filière, de rotation et de haut en bas en suivant le filet.



1744.



1745.

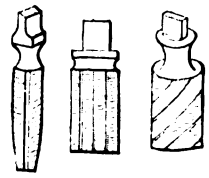
Taraud (fig. 1746). Le taraud qui sert à fileter les écrous n'est autre chose qu'une vis en acier trempé sur laquelle on a abattu des pans ou tracé des saillies qui rendent coupants les angles des filets. On commence le travail par des tarauds coniques entrant dans le trou percé trop petit au centre de l'écrou, et on termine par des tarauds cylindriques.

Le filetage et le taraudage se font à l'aide d'une machine pour les fortes pièces. Celle-ci consiste en un arbre ayant un double mouvement de rotation et de trans-

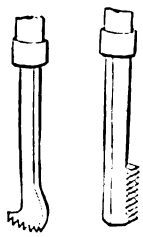
Digitized by Google

port entre ses supports. Le centre de cet arbre correspond au centre d'une pièce appelée filière, susceptible de recevoir des coussinets quand on veut fileter, des écrous quand on veut tarauder.

Le tour fournit aussi un moyen facile d'obtenir des vis, et s'emploie surtout pour obtenir les tarauds. Pour cela on présente à la surface de la pièce montée sur le tour un crochet de forme dentée appelé *peigne* (fig. 1747), destiné à creuser simultanément plusieurs dents, et on donne à la pièce un mouvement de progression en rendant mobiles les pointes de tour, en faisant passer l'une d'elles dont la surface est filetée sur un écrou fixe dont le pas règle la progression de la pièce à fileter.



1746.



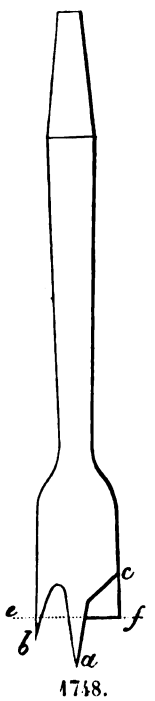
1747.

Nous aurions dû nous étendre beaucoup sur les outils que nous venons de passer en revue, si nous n'avions voulu nous borner à étudier seulement la nature des mouvements qu'elles nécessitent pour effectuer leur travail, afin de ne pas faire double emploi avec les articles spéciaux que nous consacrons dans cet ouvrage à chaque machine-outil. CH. LABOULAYE.

MÈCHE *angl.* wick, *all.* docht). Voyez BOUGIE.

MÈCHE (*angl.* bit, *all.* bohreisen). Outil d'acier qui sert à percer des trous dans le bois. Il est formé d'une tige carrée qui se fixe dans un trou semblable pratiqué au bout d'un *vilbrequin*; l'autre bout a la forme d'une gouge dont les dimensions varient avec celles des trous que l'on veut pratiquer. Lorsqu'on emploie une mèche ordinaire, pour faire un trou dans une planche, le bois est coupé net dans le sens de son fil, tandis qu'il est plutôt refoulé que coupé dans la direction perpendiculaire au fil.

La fig. 1748 représente la *mèche anglaise*. Cet outil est aplati par le bas et réduit à quelques lignes d'épaisseur, suivant l'effort qu'il doit faire, c'est-à-dire suivant la grosseur des trous qu'il doit produire. A peu près au milieu de sa largeur est une pointe *a*, dite *pivot*, ronde si l'on perce dans le bois, debout et à trois pans si c'est dans le bois de travers. Cette pointe détermine et conserve le centre du trou; cependant, pour plus de sûreté, on doit percer le bois en entier, lorsque cela est possible, avec une vrille plus petite que le diamètre de la pointe et bien perpendiculairement à la surface de la planche. *b*, est une pointe saillante, dite *traçoir*, et présentant un tranchant dans le sens où l'on fait tourner l'outil, qui est évidé entre ces deux pointes; le *couteau c*, est une saillie tranchante dans le sens où la mèche doit marcher; cette saillie est en biseau, et forme, avec le corps de la mèche, un angle de 40 à 45°; cette partie doit être bien perpendiculaire à l'axe de la mèche, afin que le trou soit parfaitement plat au fond, lorsqu'on ne veut pas percer tout à fait. La pointe *a*, doit passer un peu au-dessous du niveau *ef*, de la mèche, et être en outre un peu plus éloignée du pivot que l'arête extérieure du couteau, afin que celui-ci ne puisse atteindre la circonférence tracée par le traçoir. Cela posé, on conçoit aisément la marche de l'outil: le traçoir étant plus long commence à entrer le premier dans le bois et à cerner, en la découpant, la partie centrale, que le couteau coupe net, en faisant l'office d'un rabot.



1748.

D'après ce que nous venons de dire, on conçoit que les mèches ordinaires, dites *à cuiller*, doivent être employées dans le bois de bout; mais que, dans les bois de fil, elles produisent un très mauvais effet, en prenant deux fois le bois à rebrousse-fil, et que par suite elles l'écorchent et que les trous ne sont pas ronds. Les mèches anglaises, au contraire, sont particulièrement appropriées au bois de fil, tandis qu'elles n'entrent que difficilement dans le bois de bout, qu'elles ne percent que lentement et avec beaucoup d'efforts.

MÉDAILLES. Voyez MONNAIES.

MÉGISSERIE. Voyez TANNAGE.

MÉLASSE. Voyez SUCRE.

MELLITE (*angl.* honey-stone, *all.* honigstein). Substance assez rare analogue au *succin* ou *ambre jaune*, et appartenant également aux dépôts de lignite. Sa couleur est jaunâtre ou rougeâtre, sa cassure résinoïde, et il cristallise en octaèdre à base carrée. Sa densité = 1,58. Il est très fragile et se raie fortement par une pointe d'acier. Suivant Klaproth, il renferme p. 100: acide mellitique 46, alumine 16, eau 38.

MERCURE (*angl.* mercury, *all.* quecksilber). Le mercure est presque aussi blanc que l'argent et très éclatant; il est liquide à la température ordinaire, mais il se solidifie à un froid de 39° 1/2 au-dessous de zéro. L'intensité du froid qu'éprouva l'expédition du capitaine Parry dans les mers du Nord, en 1819, permit aux officiers qui l'accompagnaient de faire des expériences sur de grandes masses de mercure solide. Ils trouvèrent que, par sa malléabilité, sa ductilité et sa ténacité, il tient le milieu entre le plomb et l'étain, et qu'il devient de plus en plus cassant à mesure qu'il approche du terme de sa fusion. Le métal solide produit sur les organes la même impression qu'un corps très chaud: il cause de vives douleurs et il désorganise la peau. Le mercure liquide n'a ni odeur ni saveur; il agit fortement sur l'économie animale, et soit qu'on le touche fréquemment, soit qu'on respire les vapeurs, il cause à la longue un tremblement universel et continuel. Il est bon conducteur du calorique et très dilatable. Il ne mouille presque aucun corps. Il a la faculté, à la manière des corps poreux, d'absorber et de retenir entre ses molécules une certaine quantité d'air et d'eau, dont on ne peut le purger que par une ébullition soutenue pendant un certain temps. La densité du mercure solide = 14,391; celle du mercure liquide, à 0°, = 13,598. Il bout à 360°; la densité de sa vapeur est de 6,976.

Chauffé au contact de l'air, à 350° au moins, il se change en oxyde rouge. Il ne décompose l'eau à aucune température, même en présence des acides. Les acides sulfureux, phosphorique, hydrochlorique, les acides organiques, et l'acide sulfurique faible sont sans action sur lui; l'acide sulfurique concentré le dissout avec dégagement d'acide sulfureux. L'acide nitrique étendu ou concentré le dissout également; il se combine aisément avec le soufre et le chlore.

Le mercure s'allie facilement avec un grand nombre de métaux, tels que le cuivre, l'étain, le zinc, le bismuth, le plomb, l'argent et l'or; les alliages portent le

Digitized by Google

nom d'*amalgames*. Il ne s'amalgame pas ou du moins il ne s'amalgame que très difficilement avec le manganèse, le fer, le cobalt, le nickel, le platine, etc.

A l'état métallique, le mercure sert à la préparation de divers onguents pharmaceutiques, à la construction des thermomètres, baromètres, manomètres, etc., à l'étamage des glaces, au traitement par amalgamation des minerais d'or et d'argent, etc. Son sulfure fournit aux arts la belle couleur connue sous le nom de *cinabre* ou *vermillon;* ses chlorures, le *calomel* et le *sublimé corrosif* sont fréquemment employés dans les arts et la médecine, et son fulminate est la base des amorces des armes à percussion, etc.

Oxyde de mercure. Les oxydes de mercure sont complétement réduits par la chaleur rouge, ainsi que par l'hydrogène, le charbon, le soufre, le chlore et un grand nombre de métaux. Ils sont au nombre de deux :

1° *Protoxyde.* Le protoxyde de mercure que l'on prépare en faisant digérer du protochlorure ou tout autre sel de protoxyde avec un grand excès de potasse caustique; il est pulvérulent, noir, sans éclat, et possède une saveur cuivreuse désagréable. Il se décompose spontanément en mercure métallique et en deutoxyde, même dans l'obscurité. Il est composé de :

$$\left.\begin{array}{l}\text{Mercure, } 0{,}9620\\ \text{Oxygène, } 0{,}0380\end{array}\right\} \mathrm{Hg^2\,O}.$$

La matière noire qu'on obtient en triturant pendant longtemps du mercure avec une substance inerte, un corps gras par exemple, paraît n'être que du mercure métallique très divisé.

2° *Deutoxyde* ou *oxyde rouge.* Le deutoxyde de mercure est d'une couleur qui varie du rouge-orangé au rouge foncé, suivant son état de division. Il a une saveur âcre et très désagréable. Il est faiblement soluble dans l'eau, et la dissolution a une réaction basique. La lumière le décompose peu à peu et le ramène à l'état métallique. Au-dessus du rouge sombre, il se réduit à l'état métallique, sans passer par l'état de protoxyde. C'est une base assez forte, insoluble dans les alcalis fixes. Il se combine avec l'ammoniaque en donnant naissance à un composé blanc insoluble dans l'eau. On le prépare, soit en exposant au contact de l'air le mercure à une chaleur prolongée dans un vase à long col, et il porte alors le nom de *précipité perse*, soit en calcinant le nitrate, on le nomme alors *précipité rouge.* Il se compose de :

$$\left.\begin{array}{l}\text{Mercure, } 0{,}9268\\ \text{Oxygène, } 0{,}0732\end{array}\right\} \mathrm{Hg\,O}.$$

Son hydrate est jaune ; mais il devient rouge en perdant son eau de combinaison à une température très basse. On l'obtient en précipitant un sel de deutoxyde par de la potasse en excès.

Sels de mercure. Les sels de mercure sont très nombreux ; il y en a de basiques, de neutres et d'acides, à base de protoxyde et à base de deutoxyde. En outre, les sels simples donnent naissance à plusieurs sels doubles avec l'ammoniaque. En général, ils se volatilisent ou se décomposent à une température peu élevée. Ils sont complétement réduits par les métaux très oxydables, qui forment pour la plupart un amalgame avec le mercure qui se précipite, ainsi que par certains sels, tels que le protochlorure d'étain. L'hydrogène sulfuré en excès en précipite le mercure à l'état de sulfure noir; mais en quantité insuffisante, il donne un précipité de sulfo-sel ordinairement blanc.

Les *sels de protoxyde* solubles sont incolores ; la plupart des sels insolubles sont blancs ou jaunâtres. Les alcalis les précipitent en noir. Les sous-carbonates les précipitent en jaune, et les bi-carbonates en blanc; ces précipités noircissent par la chaleur. L'acide hydrochlorique et les chlorures les précipitent en blanc; enfin l'iodure de potassium y produit des précipités jaunes-verdâtres qu'un excès du précipitant noircit, et qu'un plus grand excès dissout.

Les *sels de deutoxyde* solubles sont incolores ; les sels insolubles sont blancs ou jaunes. Par les alcalis caustiques en excès, ils donnent des précipités jaune-brique ; par l'ammoniaque, des précipités blancs. Les carbonates alcalins les précipitent en rouge-brun. Ils ne précipitent pas par l'acide hydrochlorique et les chlorures, et donnent avec l'iodure de potassium des précipités d'un beau rouge, solubles dans un excès de réactif.

Sulfures. Voyez CINABRE.

Sulfates. Le sulfate de protoxyde s'obtient en traitant du mercure en excès par de l'acide sulfurique concentré. Lorsque l'acide est en excès, on obtient du sulfate de deutoxyde. Le sulfate neutre de deutoxyde est décomposé par l'eau en un sel acide qui se dissout et un sous-sel jaune insoluble, connu sous le nom de *turbith minéral*, et employé en peinture.

Nitrate de deutoxyde. Ce sel, préparé en faisant bouillir de l'acide nitrique en excès sur du mercure, se prend en masse cristalline par le refroidissement. Traité par l'eau froide, il donne un précipité de sous sel blanc, et par l'eau bouillante un précipité jaune, dit *turbith nitreux*, qui paraît être de l'hydrate de deutoxyde.

Protochlorure, mercure doux, calomel. Le protochlorure de mercure est blanc, mais il prend peu à peu une teinte grisâtre à l'air, en se changeant en un mélange de mercure métallique et de deuto-chlorure. Sa densité = 7,156. Il est volatil, mais beaucoup moins que le deutochlorure, et cristallise en se condensant en prismes tétraèdres. Il est extrêmement peu soluble dans l'eau. Il se compose de : 0,8512 de mercure, et de 0,1488 de chlore. On en fait un grand usage en médecine. On le prépare : 1° en triturant 4 p. de deutochlorure avec 3 p. de mercure métallique, et chauffant ensuite le mélange jusqu'à sublimation ; 2° en chauffant un mélange de protosulfate de mercure et de sel marin à une température suffisante pour sublimer le protochlorure qui se produit ; on le purifie en le lavant avec de l'eau pour en séparer la petite quantité de deutochlorure dont il est souvent mélangé.

Deuto-chlorure, sublimé corrosif. Le deuto-chlorure de mercure est d'un blanc satiné, translucide ou même transparent. Il cristallise en prismes carrés ou en aiguilles. Il est très soluble dans l'eau, a une réaction acide, et possède une saveur styptique et métallique très forte et très désagréable : c'est un poison très énergique. Il se compose de : mercure 0,7383, et chlore 0,2617. On l'emploie beaucoup en médecine et dans la teinture ; on s'en sert aussi fréquemment dans les laboratoires comme agent chlorurant. On le prépare : 1° en soumettant à la sublimation un mélange de deuto-sulfate de mercure et de sel marin, en un mélange de 2 p. de proto-sulfate de mercure, 2 p. de sel marin et 1 p. de peroxyde de manganèse ; 2° en chauffant jusqu'à sublimation un mélange de 2 p. de nitrate de mercure, 1 p. de sel marin et 1 p. de sulfate de fer calciné ; 3° en dissolvant du mercure dans de l'eau régale, et faisant cristalliser.

Deuto-iodure de mercure. Ce sel est rouge, fusible et volatil, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool ; l'acide hydriodique et les iodures alcalins. On le prépare par voie de double décomposition, en précipitant un sel de deutoxyde de mercure par de l'iodure de potassium. Il est employé depuis quelques années dans l'impression en couleurs et la teinture, surtout en Angleterre.

Fulminate de mercure. Voyez FULMINATES.

Minerais.

On trouve le mercure dans les terrains anciens, mais seulement en petite quantité. Il n'est abon-

Digitized by Google

dant que dans le grès, les schistes et les calcaires, qui sont superposés au terrain houiller, principalement, à ce qu'il paraît, dans les calcaires jurassiques. Les mines de mercure les plus considérables sont situées à Almaden en Espagne, à Idria en Carniole, à Huancavelica au Pérou, et au Japon.

Les minerais de mercure se réduisent à deux :

1° *Mercure métallique* ou *natif*. Le mercure natif se trouve en gouttelettes de toutes grosseurs disséminées dans la roche, dans des pyrites ou dans des masses de cinabre. Il est toujours à peu près pur. Aux environs d'Idria, on le trouve disséminé dans un schiste argileux noirâtre, intercalé dans un calcaire compacte.

2° *Deuto-sulfure, cinabre*. Le cinabre est le minerai de mercure le plus abondant. Le plus souvent, il est disséminé dans des schistes argilo-bitumineux ou dans des calcaires compactes, et il est fréquemment accompagné de pyrites de fer et de cuivre. Il est tantôt d'un rouge foncé presque noir et un peu métalloïde, tantôt d'un rouge de cochenille. Il a un éclat adamantin. Il est tantôt transparent, tantôt translucide et même opaque. Il cristallise sous diverses formes qui dérivent d'un rhomboèdre dont l'angle est de 71°45'. Il est tendre et cassant; sa cassure est lamelleuse dans un sens et grenue dans les autres sens; sa poussière est d'un r uge vif; sa densité = 8,1. Au chalumeau, il se sublime dans un tube fermé; le sublimé est noirâtre, mais sa poussière est rouge. Dans un tube ouvert, il donne à la fois un sublimé de mercure et un sublimé de cinabre.

Essai des minerais et matières qui renferment du mercure. Cet essai se fait pour toutes de la même manière, à cela près que lorsque le mercure qu'elles renferment est à l'état métallique on les traite sans addition, et que, dans le cas contraire, on y ajoute 50 p. 100 de limaille de fer, ou 60 p. 100 de flux noir, ou enfin 30 à 40 p. 100 de chaux vive et autant de charbon en poudre, et on recouvre le mélange d'une légère couche de réactif pur, afin que tout soit réduit. On distille alors la matière seule ou convenablement mélangée dans une cornue en verre ordinairement recouverte d'un enduit d'argile et de paille hachée ou de crottin de cheval, et l'on recueille le mercure qui se vaporise, dans le col de la cornue ou dans un récipient qui contient de l'eau. On chauffe graduellement jusqu'à ramollir le verre, en ayant soin de maintenir le dôme de la cornue assez chaud pour qu'il ne puisse pas s'y condenser de mercure, et pour que ce métal passe en totalité dans le col. Quand l'opération est terminée, on coupe le col, puis on en détache le mercure avec une barbe de plume, on le fait tomber dans l'eau, on chauffe celle-ci pendant quelques instants, si cela est nécessaire, pour que le mercure se rassemble en un seul globule; on décante l'eau, on sèche le mercure à la température ordinaire et on le pèse.

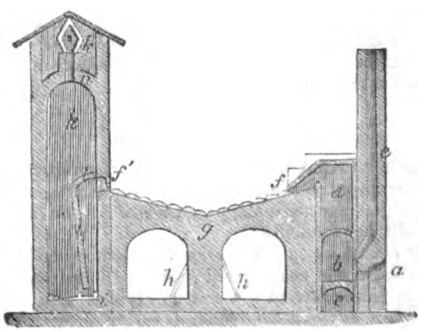
Traitement métallurgique.

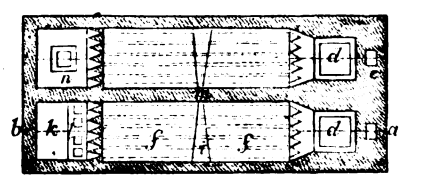
Le traitement des minerais de mercure est très simple, et consiste simplement en une distillation faite sans addition, lorsque le minerai ne renferme que du mercure natif, et, dans le cas contraire, avec addition d'un corps désulfurant, qui est ordinairement de la chaux vive ou du carbonate de chaux. Comme ce dernier forme souvent en partie la gangue du minerai, il est alors inutile d'en ajouter. La seule différence consiste dans la forme des appareils distillatoires, qui varient suivant les localités. Nous n'avons donc qu'à décrire les procédés suivis dans les trois principales localités où on traite, en Europe, les minerais de mercure.

ALMADEN. Les mines d'Almaden et d'Almadenejos, en Espagne, sont connues dès la plus haute antiquité. Pline rapporte que les Grecs en retiraient du cinabre 700 ans avant J.-C., et que de son temps les Romains en extrayaient annuellement 350000 kilogr. de mercure. Depuis 1827, ces mines occupent 700 mineurs, et les usines qui en dépendent 200 ouvriers; la production annuelle est d'environ 1100000 kilogr. de mercure; et quoique ces mines soient exploitées depuis plus de 2000 ans, elles n'ont pas encore atteint une profondeur de 330m. Les minerais ne sont soumis à aucune préparation mécanique et rendent moyennement en grand 10 p. 100 de mercure.

Les fourneaux employés à Almaden sont représentés en coupe fig. 1749, et en plan fig. 1750. Ils sont ordinairement accolés 2 à 2, comme l'indique la fig. 1750. *a*, est la porte de chargement; *b*, le foyer; *c*, le cendrier; *d*, la grille en briques sur laquelle on charge le minerai; *e*, une cheminée par laquelle s'échappe une partie de la fumée. A la suite de chaque fourneau se trouvent six rangées d'aludels placés sur deux plans in-

1749.





1750.

clinés en sens contraire *f*, *f*. Les aludels sont des vases en terre cuite, ouverts par les deux bouts et piriformes, placés de manière à s'emboîter les uns dans les autres, en formant une rangée continue dont on lute les jointures avec de l'argile. On lute également avec de l'argile la tête des six rangées d'aludels sur la chambre *d*, de sorte que les vapeurs mercurielles sont obligées de traverser les aludels pour se rendre dans les chambres de condensation *k*. Le mercure qui se condense dans les aludels se rend à la partie la plus basse *g*, des conduites qu'ils forment, et tombe, par des ouvertures pratiquées à cet effet à la partie inférieure des aludels qui s'y trouvent, dans les rigoles *i*, *i*, et de là dans les tuyaux *h*, *h*, qui le conduisent dans les bassins de réception. Les vapeurs qui ont échappé à la condensation dans les aludels, arrivent dans les chambres de condensation *k*, sont forcées par la cloison *l* à descendre jusqu'au fond de ces chambres en rasant la surface d'une bâche remplie d'eau *i*, remontent dans la chambre *k*, passent dans la cheminée *n*, dans une autre chambre *k'*, et enfin s'échappent dans l'atmosphère.

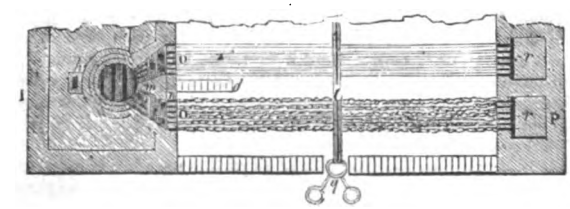
Les fig. 1751 et 1752 donnent le plan et la coupe du fourneau précédent, légèrement modifié; *a*, porte de chargement; *b*, foyer; *c*, grille sur laquelle on charge le minerai par l'ouverture *f*; *d*, ouverture par laquelle on retire le minerai calciné de la chambre *e*; *h*, cheminée. *d* et *f*, sont fermés pendant l'opération. Les va-

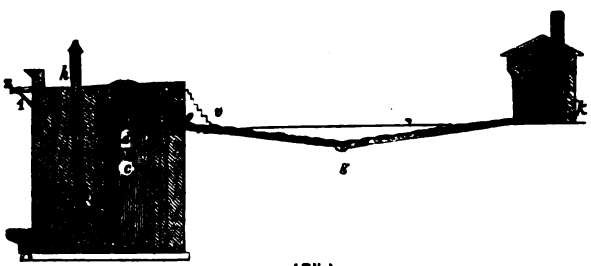
Digitized by Google

peurs mercurielles passent d'abord dans deux chambres de condensation *m*, puis en *o*, *o*, dans deux systèmes d'aludels, et enfin dans les deux chambres de condensation *p*, d'où elles s'échappent dans l'atmosphère par les cheminées *f*. Le mercure condensé dans les aludels se rend par une rigole *g* dans les bassins de réception *q*; *v*, est un escalier qui conduit des terrasses où sont les aludels sur la plate-forme des fourneaux, qui est légèrement inclinée vers la gouttière *z*. Chaque rangée d'aludels en renferme 25, ce qui en fait en tout 300.

On charge d'abord sur la grille supérieure le gros minerai concassé en morceaux de la grosseur du poing, puis au-dessus du minerai plus menu, et enfin le menu moulé en briquettes avec de l'argile et les débris de vieux aludels pénétrés de mercure, en tout de 9000 à

1751.



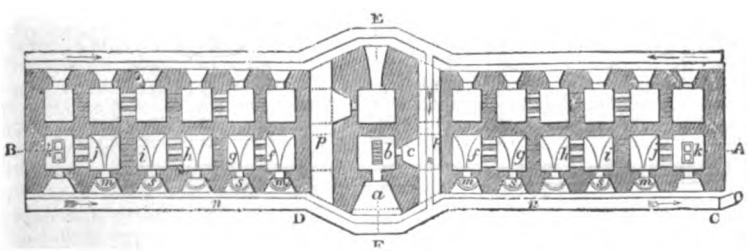


1752.

10000 kilos. On chauffe avec du bois de cistes, arbustes qui croissent dans le pays, d'abord modérément, puis en augmentant peu à peu l'intensité du feu jusqu'à ce que l'on ait chassé tout le mercure, ce qui a lieu au bout de 10 à 15 heures; on laisse alors refroidir le fourneau pendant 3 ou 4 jours, on en retire le minerai distillé, on délute les aludels pour en retirer le mercure qui s'y est condensé, on les remet en place, on recharge le fourneau et on recommence une nouvelle opération.

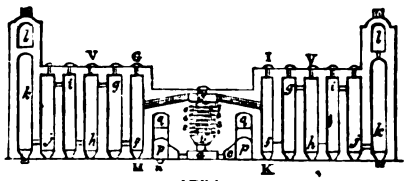
On expédie le mercure obtenu dans des bouteilles en fer forgé qui en contiennent 40 kilogr.

IDRIA. Le gîte de minerai est en amas-couches. On casse et on trie à la main le minerai riche, le reste est bocardé et concentré par le lavage.



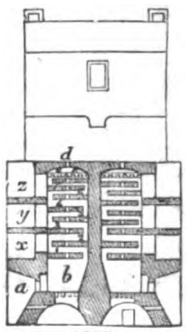
1753.

On employait autrefois à Idria, pour traiter les minerais de mercure, des fourneaux à aludels analogues à ceux d'Almaden. Depuis 1794, on emploie les fourneaux représentés par les fig. 1753 à 1756.



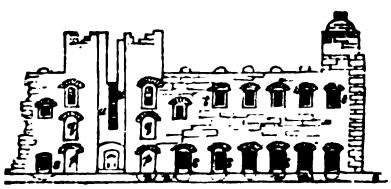
1754.

Ces fourneaux sont accolés 2 à 2, comme l'indiquent le plan fig. 1753 et les deux coupes fig. 1754 et 1755, suivant les lignes AB, EF, du plan; la fig. 1756 en est une élévation. *a*, est la porte par laquelle on charge le combustible,



1755.

qui est du bois, sur la grille *b*; 1, 2,.. 7, sept voûtes plates sur lesquelles on charge le minerai par les portes *x*, *y*, *z*; les vapeurs mercurielles se rendent dans les chambres de condensation *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, qui sont au nombre de 12, disposées 6 de chaque côté du fourneau, puis dans les chambres *l*, *l*, et enfin ce qui n'est pas



1756.

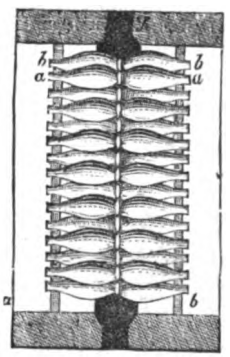
condensé s'échappe dans l'atmosphère. Le mercure condensé dans les chambres coule dans les réservoirs en pierre *s*, *m*, d'où il se rend par la rigole *n n* dans le réservoir C. *p* et *q*, sont des galeries voûtées qui séparent les fourneaux des chambres de condensation.

On place le minerai en morceaux sur les voûtes ou étages inférieurs, et les schlichs pulvérulents dans de petites écuelles en terre cuite de 0m,30 de diamètre sur 0m,08 de profondeur que l'on range sur les étages supérieurs. La charge terminée et les ouvertures *x*, *y*, *z*, bouchées, on allume le feu sur la grille en l'aug-

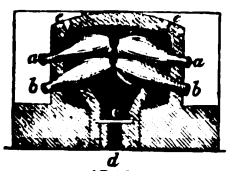
Digitized by Google

montant peu à peu, jusqu'à ce que tout le mercure soit expulsé, ce qui a lieu au bout de 10 à 12 heures. On laisse ensuite le fourneau se refroidir complétement, ce qui fait qu'on ne peut guère faire qu'une opération par semaine. Un double fourneau, tel que celui que nous venons de décrire, traite dans une seule opération de 50000 à 60000^k de minerai par opération, et produit de 4000 à 4500^k de mercure. Les parois des chambres de condensation se recouvrent de suie mercurielle que l'on enlève à chaque fois pour la retraiter avec les schlichs dans l'opération suivante.

DUCHÉ DES DEUX-PONTS. Les minerais sont dissé minés dans le terrain carbonifère des environs de Sarrebrück et sont généralement très pauvres. Les appareils dans lesquels on les traite ont la plus grande analogie avec ceux qui servent à en faire l'essai en petit, comme l'indiquent le plan fig. 1757 et la coupe fig. 1758. Ce sont des cornues en fonte *a*, *b*, disposées sur deux étages, placées au nombre de 30 à 60 sur un même fourneau et inclinées



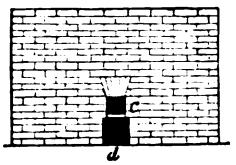
1757.



1758.

de 8° environ ; *c*, est la grille sur laquelle on charge de la houille par les deux extrémités, et *e*, les ouvertures qui donnent échappement à la fumée. La figure 1759 représente l'extrémité du fourneau.

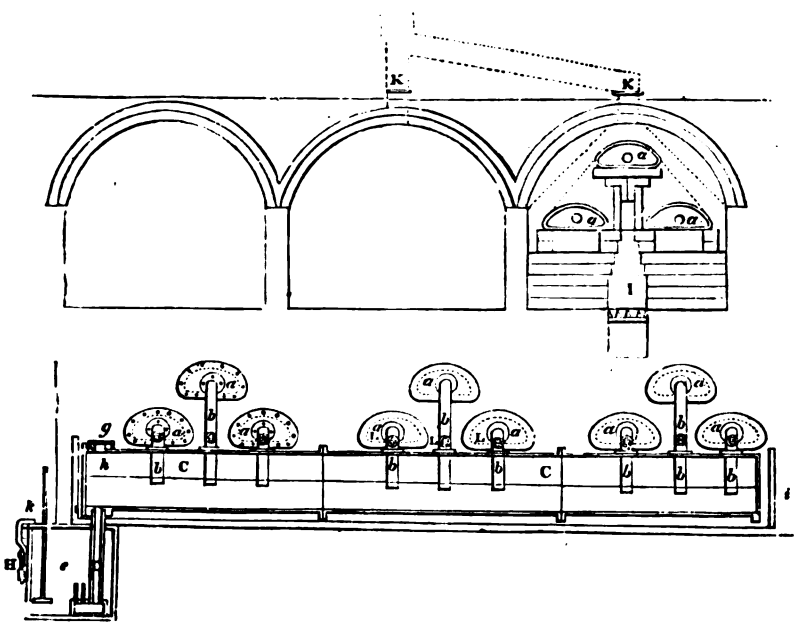
Chaque cornue a environ 0^m,80 de longueur ; on y charge 20 litres du minerai ordinairement mélangé de 1/5 de calcaire. Pour réduire le sulfure, on chauffe très modérément pendant une ou deux heures, puis on lute au col de chaque cornue une allonge en terre cuite, qui n'est pas indiquée sur les figures, et qui est en partie remplie d'eau, et l'on pousse graduellement le feu jusqu'au rouge vif pendant 6 heures ; on laisse alors refroidir, on ôte les allonges, et on agite l'eau pour réunir le mercure, que l'on purifie en l'agitant avec de la chaux vive. On fait environ 13 opérations par semaine, et l'on consomme 48 parties de houille par 100 parties de minerai traité, ou 27 parties de houille par une partie de mercure, ce qui tient à la faible teneur du minerai qui n'est que de 2 à 3 p. 100. Cette méthode donne lieu à une perte en mercure bien moins considérable que les précédentes, mais on ne peut opérer que sur de faibles quantités de minerai à la fois.



1759.

Au lieu d'employer de petites cornues, comme celles que nous venons d'indiquer, une compagnie anglaise a établi à Obermoschel l'appareil représenté dans les fig. 1760, 1761 et 1762, qui en donnent deux coupes et une élévation. Cet appareil se compose de trois fourneaux accolés et voûtés (fig. 1762) renfermant chacun trois cornues en fonte *a*, *a*, *a*, de 2^m,20 de long (figure 1761), analogues à celles employées pour la fabrication du gaz d'éclairage. On charge la houille sur la grille I ; la flamme monte d'abord et enveloppe la cornue supérieure, puis redescend baigner les deux cornues inférieures, et se rend, par des canaux situés au-dessous, dans les rampants K, qui la conduisent à la cheminée.

1762.

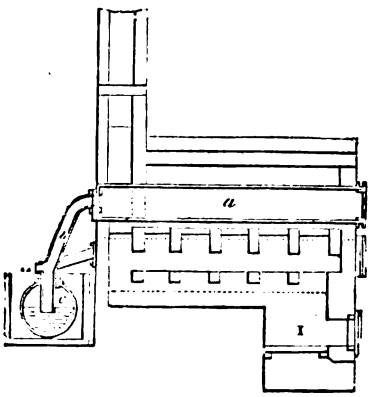


1760.

L'ouverture de chargement des cornues se ferme comme dans les cornues à gaz ; à l'autre fond est adapté un

Digitized by Google

tuyau en fonte *b*, de 0m,10 de diamètre qui plonge dans le cylindre condenseur C, jusqu'aux 2/3 de sa profondeur; ce cylindre, de 0m,50 de diamètre sur 6m,50 environ de long, est rempli d'eau jusqu'en *h i* (fig. 1760), de manière à ce que l'extrémité des tuyaux *b* y plonge de 2 à 3 centimètres. On dégage ces tubes lorsqu'on craint une obstruction en y introduisant une tige en fer, par les ouvertures L, ordinairement bouchées par une vis. En *g*, est une soupape hydraulique par laquelle s'échap-



1761.

pent les gaz qui peuvent accidentellement se former pendant la distillation, sans qu'il puisse se perdre en même temps des vapeurs mercurielles. Le condenseur C est légèrement incliné de *i* vers *h*, de sorte que le mercure qui se condense tombe par le tuyau en forme de syphon renversé D, dans la caisse *e*. Le niveau du mercure dans cette caisse est indiqué par le flotteur *k*.

Le prix total de cet appareil n'est que de 5000 à 6000 francs.

La distillation s'opère comme celle de la houille, très rapidement et sans laisser refroidir les cornues. On charge à la fois dans chacune d'elles 250k de minerai, et on passe 8 charges par 24 heures.

Statistique.

La production du mercure est comme suit :

Almaden.	4,100,000k
Idria.	175,000
Bavière, duché des Deux-Ponts. .	30,000
Hongrie. Transylvanie et Bohême.	40,000
Huanca-Velica, au Pérou. . . .	5,000
Chine, Japon.	inconnue
Total. . . .	4,350,000

Le prix de ce métal, qui pendant le dix-huitième siècle et jusqu'en 1825 était de 4 à 5 francs, s'est élevé depuis cette époque, par suite de la cession provisoire des mines d'Almaden à la maison Rothschild, par le gouvernement espagnol, au prix de 10 à 12 francs le kilogramme. P. DEBETTE.

MESURE DES FORCES. Voyez DYNAMOMÈTRE.

MESURES. Voyez POIDS.

MÉTALLURGIE (*angl.* metallurgy, *all* hüttenkunde). On donne le nom de métallurgie à l'ensemble des procédés que l'on suit pour extraire les métaux de leurs minerais. Ces procédés sont, les uns mécaniques, les autres chimiques. Les premiers qui comprennent le cassage, le triage, le lavage, etc..., constituent la préparation mécanique des minerais; les opérations chimiques sont le grillage et la fusion, par lesquelles on réduit ou on désulfure les métaux, pour les ramener à l'état métallique, en en séparant en même temps les matières étrangères ou gangues que l'on n'avait pu enlever par la préparation mécanique.

Quoiqu'il y ait une grande analogie entre les procédés métallurgiques et ceux employés, en DOCIMASIE (voyez ce mot), pour l'essai des minerais, il y a cependant, en général, cette grande différence, que, dans le premier cas, les conditions économiques devant passer par-dessus tout, on est nécessairement conduit à adopter des appareils différents et des fondants ou réactifs que l'on puisse se procurer à bas prix dans chaque lieu d'exploitation; si l'on joint à cela le prix relatif de la main-d'œuvre et des divers combustibles, ainsi que l'abondance ou le manque de force motrice naturelle, on s'expliquera aisément pourquoi les procédés métallurgiques sont si variés, suivant les localités, même lorsqu'il s'agit de traiter des minerais de même nature; et l'on concevra aisément que, lorsqu'il s'agit d'établir une exploitation métallurgique, la première chose à faire, et peut-être la plus importante, est une étude approfondie des circonstances locales.

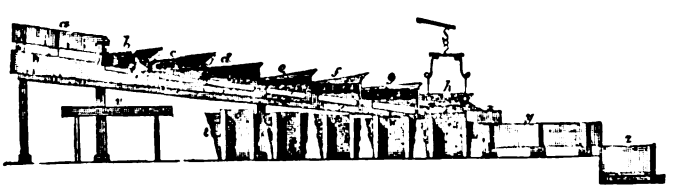
Préparation mécanique des minerais.

La préparation mécanique des minerais a pour but, comme son nom l'indique, de séparer par des procédés mécaniques la plus grande partie possible des gangues ou matières stériles qui se trouvent mélangées avec les minerais.

On fait généralement un premier triage à la main dans la mine même, et les matières stériles que l'on sépare ainsi, sont employées sur place pour les remblais.

Le minerai extrait au jour est concassé avec des marteaux à main, et soumis au triage. On obtient ainsi généralement du minerai riche bon à livrer à l'usine; du minerai à trier, et du minerai de bocard.

Le minerai à trier est un mélange de minerai et de gangue, dans lequel le minerai est en fragments d'un certain volume, mélangés avec du menu de la mine et des bancs. On le lave sur une série de grilles, dont les ouvertures sont de plus en plus petites, disposées en cascade les unes au-dessus des autres, de manière à ce que ce qui traverse l'une des grilles tombe sur la suivante et ainsi de suite. On classe ainsi ce minerai en diverses grosseurs. Ce qui reste sur les premières grilles est trié à la main et donne du minerai bon à fondre, du minerai de bocard, et des matières stériles à rejeter; ce qui reste sur les autres grilles donne du minerai de criblage; et enfin les boues qui traversent les dernières grilles se déposent dans des canaux qui aboutissent à des bassins de dépôt. La fig. 1763 représente une laverie de ce genre dite *laverie à gradins*, employée à Idria pour le lavage des minerais de mercure. Le minerai jeté dans la caisse inclinée *a*, dans laquelle arrive un filet d'eau tombe successivement sur sept grilles *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, et *h*; ce



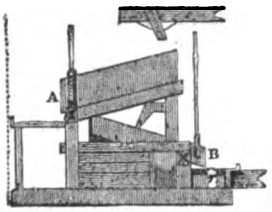
1763.

qui reste sur les deux premières grilles *b*, *c*, est soumis au triage à la main, sur la table *v*; ce qui reste sur les cinq autres grilles *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, est criblé dans les tonnes 8, 9, 10, 11, 12; enfin les boues ou *schlamms*

Digitized by Google

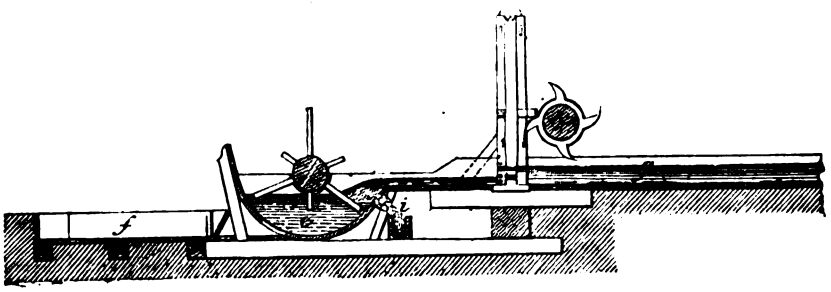
qui traversent la dernière grille *h*, se rendent avec l'eau d'abord dans l'un des canaux *y*, où les parties les plus grosses se déposent, puis enfin dans le bassin de dépôt *z*.

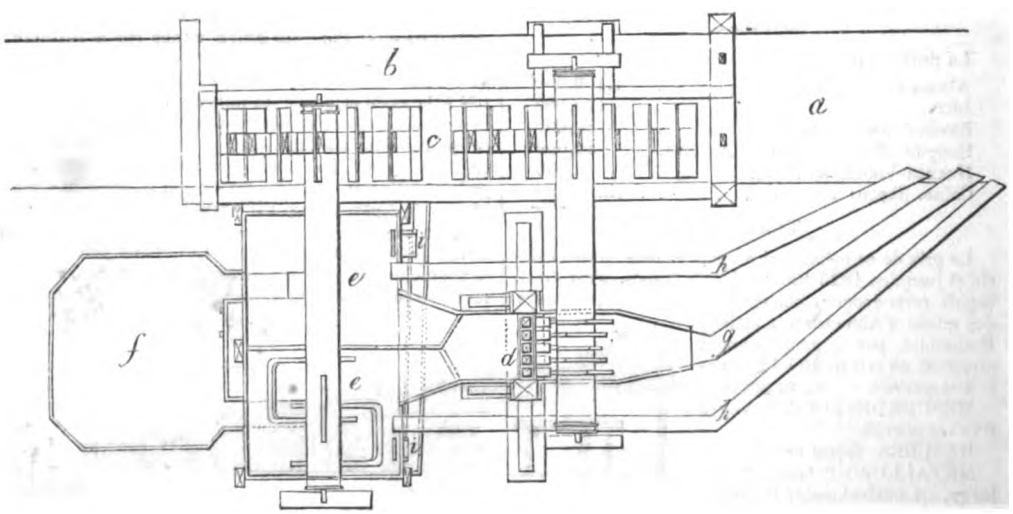
On emploie plus souvent des *tamis à secousses* disposés en gradins et fortement inclinés. La fig. 1764 représente deux tamis superposés de cette espèce. On leur imprime des secousses continuelles en les suspendant par l'une de leurs extrémités à des chaînes attachées à des leviers à contre-poids, sur lesquelles agissent des cames. Le minerai tombe avec de l'eau sur le tamis supérieur ; le menu le traverse et tombe sur le tamis inférieur ; enfin les boues se déposent dans un labyrinthe ou série de canaux dans lesquels elles se déposent par ordre de grosseur. Ce qui est resté sur les tamis tombe par l'effet des secousses sur des tables et est soumis soit au triage à la main, soit au criblage.



1764.

1765.





1766.

On emploie aussi quelquefois en Allemagne une série de grilles fixes inclinées placées les unes à la suite des autres, sur le même plan, et dont la grandeur des ouvertures va en augmentant à mesure que l'on s'élève de la partie supérieure du plan incliné où l'on jette le minerai sous un filet d'eau. On obtient ainsi les mêmes résultats que dans les laveries à gradins, mais dans un ordre inverse.

Généralement, les minerais de fer ne sont soumis qu'à un simple débourbage. Lorsqu'on a une certaine quantité d'eau à sa disposition, et qu'il y a une grande quantité de minerai à débourber, on emploie des machines qui portent le nom de *patouillets*, et auxquelles sont annexés des bocards, lorsque le minerai est du minerai en roche.

Il y a des patouillets à une et à deux cuves, suivant la force motrice dont on dispose. Une cuve de patouillet présente trois orifices : 1° l'orifice supérieur par où arrive l'eau alimentaire ; 2° l'orifice latéral, placé un peu plus bas que le précédent, et par lequel s'écoule constamment l'eau sale ; 3° l'orifice inférieur, par lequel le minerai lavé se rend dans un bassin où l'on achève de le purifier. On charge peu à peu la cuve à la pelle, lorsqu'il s'agit de débourber du minerai en grains, puis on y fait tourner un axe muni de bras en fer dont le mouvement joint à celui de l'eau qui se renouvelle sans cesse, sépare et entraîne les matières argileuses ; on ouvre ainsi l'orifice inférieur, et l'eau entraîne le minerai débourbé dans le bassin où l'on achève de le laver à la pelle. Lorsque le minerai est en roche ou plutôt en rognons caverneux retenant de l'argile, on

Digitized by Google

emploie un patouillet à deux cuves auxquelles est annexé un bocard à grille ; tandis que l'une des cuves reçoit les produits de bocardage, on lave dans l'autre les produits qui y ont été reçus, et on les fait écouler dans le bassin où ils sont soumis à la dernière préparation. Au lieu de charger directement, comme précédemment, le minerai dans les cuves, on le fait arriver sous les pilons du bocard, d'où il est entraîné au fur et à mesure, à travers la grille, dans les cuves du patouillet. Les fig. 1765 et 1766, donnent le plan et la coupe des patouillets à deux cuves avec bocard à mines du département de la Meuse : *a*, canal d'amenée de l'eau ; *b*, coursier de la vanne de décharge ; *c*, coursier des deux roues motrices ; *d*, bocard à grille ; *e*, cuves du patouillet, dites *huches* ; *f*, bassin ou *fosse* destiné à recevoir les produits du bocardage et du lavage ; *g*, *goulette* des pilons ; *h*, *rafraîchissoirs* ; *i*, rigole de décharge des huches.

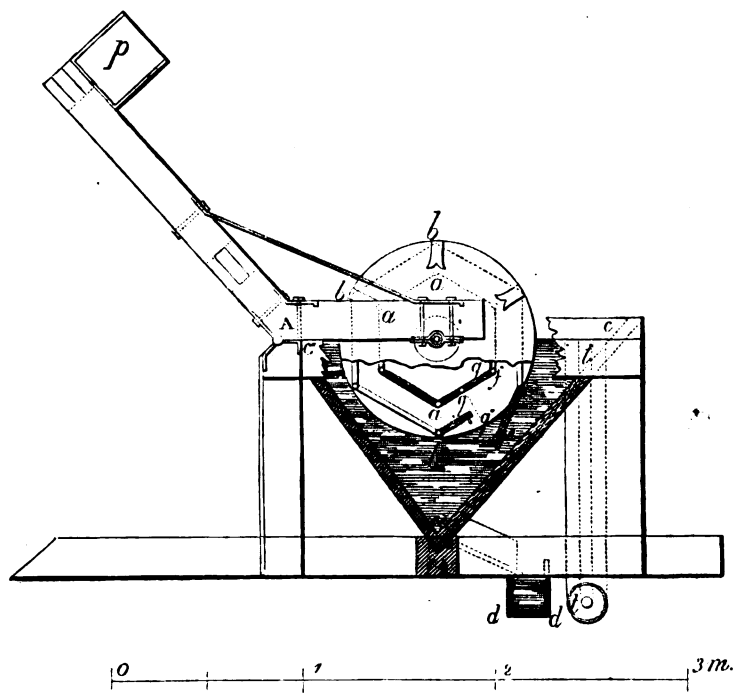
Lorsqu'il faudrait aller trop loin pour trouver une quantité d'eau suffisante pour alimenter un patouillet, on emploie souvent des *lavoirs à bras*, qui ont la forme de prismes droits à base trapézoïdale, placés horizontalement, et ayant de 3 à 7m de longueur sur 1 à 3m de largeur et 0m,3 à 0m,7 de profondeur. Il y a toujours deux ouvriers travaillant en même temps à un lavoir ; le minerai de fer brut est d'abord placé en tête du lavoir, sur l'un des côtés, en un tas qui repose en partie sur le bord du lavoir. Par un travail analogue à celui que l'on fait pour gâcher du mortier, l'un des ouvriers pousse le minerai sous le courant d'eau, en même temps qu'il écrase les pelottes d'argile, dans lesquelles le minerai se trouve engagé ; tandis que l'ouvrier placé de l'autre côté attire le minerai à lui, contre le courant, et le relève dans le coin et sur le bord du lavoir. Lorsque tout le minerai a passé d'un côté du lavoir à l'autre, les ouvriers changent de rôle et *repassent* le minerai une seconde fois : jamais le minerai préparé ne s'obtient par une seule opération ; suivant la pureté du minerai brut et la consistance de la gangue qui l'accompagne, on le repasse de deux à six fois. Pendant l'opération même du lavage, les laveurs font un triage à la main et rejettent les pierres et les pelotes d'argile stérile.

Lorsque les circonstances locales le permettent, on débourbe souvent les minerais de fer, sur le lieu même de l'exploitation ou à une très faible distance, sur des *lavoirs mobiles* composés simplement de trois planches, sur lesquelles on amène l'eau par de petites rigoles grossièrement établies.

Dans le Berry, où l'on exploite du minerai de fer en grains d'alluvion, formant des espèces de poches à une faible profondeur au-dessous du sol, on exploite généralement le minerai à ciel ouvert, pendant l'été, et on l'accumule sur le bord des trous, où l'action des agents atmosphériques tend à déliter l'argile ; puis, au printemps suivant, lorsque les trous sont remplis d'eau, on y lave le minerai, en le mettant dans un panier à claire-voie, dit *égrappoir*, suspendu à l'extrémité d'un levier à contre-poids, et que l'on fait osciller de haut en bas dans l'eau. Les boues qui se séparent se déposent dans l'excavation qu'a produite l'exploitation du minerai et servent à la remblayer.

Enfin on emploie aussi pour le lavage des minerais de fer un tambour ou *trommel* à axe horizontal ou incliné, à claire-voie, portant, dans le premier cas, une cloison héliçoïdale, et tournant dans une cuve pleine d'eau. On charge le minerai brut à une extrémité, et il sort débourbé à l'autre bout. Ce lavage est continu et ne dépense que très peu d'eau.

Dans la Haute-Silésie, on débourbe souvent le minerai de plomb dans un *trommel hexagonal*, représenté en coupe (fig. 1767) et formé de deux trommels concentriques à claire-voie dont celui intérieur a les plus grosses mailles. Le minerai ayant été introduit dans le trommel intérieur *a*, *a*, lorsqu'on fait tourner celui-ci dans la cuve en bois *c c' c''*, dans laquelle il arrive constamment un filet d'eau par le tuyau *t t'*, de telle sorte qu'il y en ait toujours au niveau de l'axe du trommel, ce qui s'échappe du trommel intérieur *a a*, se rend dans le trommel extérieur *b b* ; enfin ce qui traverse ce dernier tombe au fond de la cuve *c c' c''*, et les parties métalliques se déposent dans la conduite *d*, à l'état de schlamms. Quand on veut enlever du trommel les matières qui y sont restées, on le fait basculer autour de A, en pesant un peu sur le contre-poids *p* ; on ouvre la porte *e e'*, et on fait tomber ce qui était resté entre les deux trommels ; puis on retire le boulon *f*, la porte *g g'*, s'ouvre et vient en *g g''*, et ce qui était



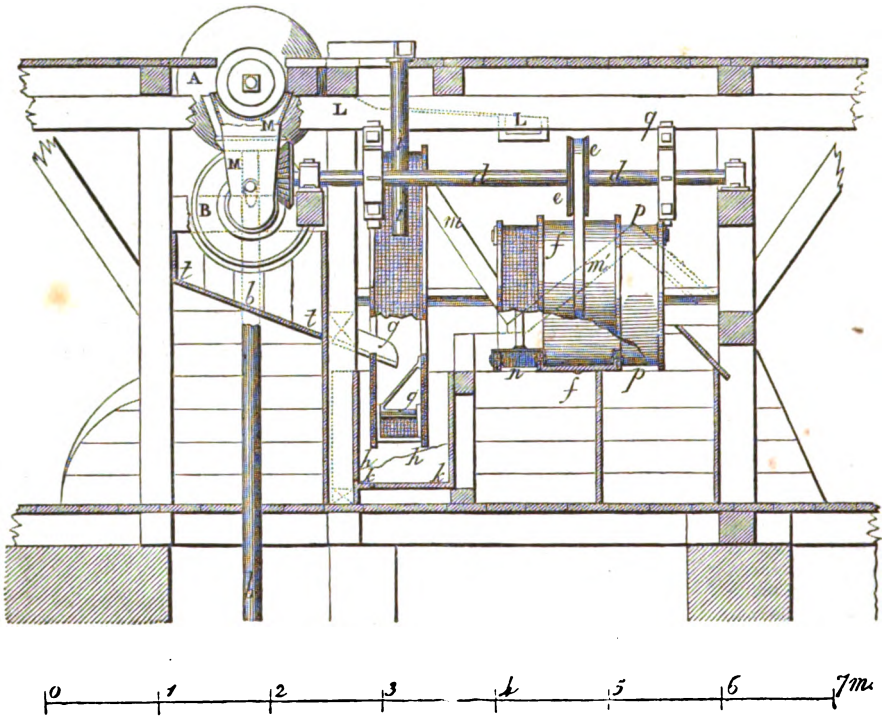
1767.

Digitized by Google

resté dans le trommel intérieur *a a*, tombe à son tour.

Pour terminer ce qui est relatif au débourbage et au classement des minerais par ordre de grosseur, opérations qui doivent précéder le lavage proprement dit, nous allons décrire en peu de mots la série d'appareils, en grande partie nouveaux, que M. de Carnall a appliqués avec le plus grand succès au lavage des minerais de plomb et de zinc dans la Haute-Silésie, et qui sont représentés dans les deux fig. 1768 et 1769.

On charge d'abord à la pelle, par l'ouverture F, le minerai à débourber dans un trommel plein A, qui est



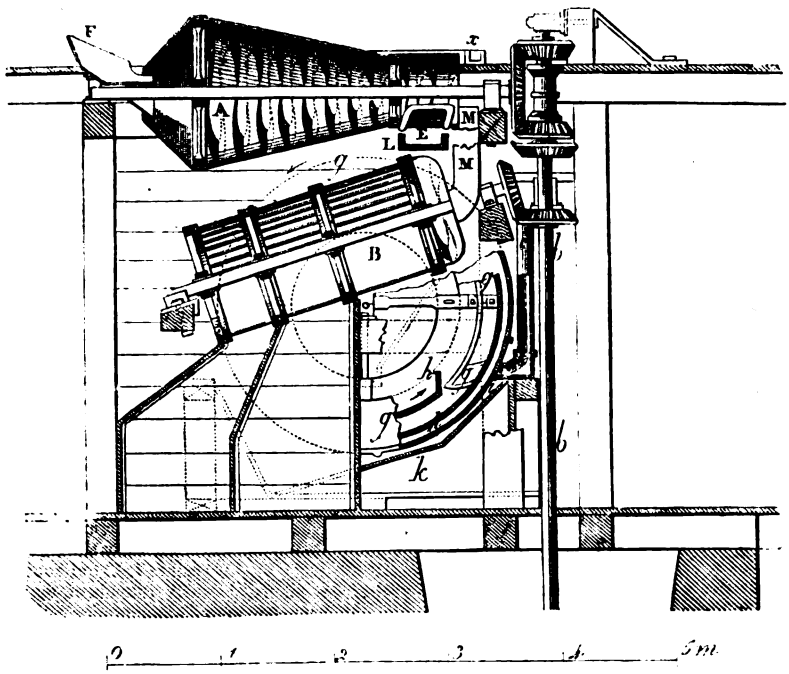
1768.

construit en tôle, avec une cloison héliçoïdale également en tôle, et qui fait environ 12 à 13 tours par minute : on peut le faire tourner dans un sens ou dans l'autre, au moyen d'un manchon d'embrayage monté sur l'axe moteur *b*. On laisse en même temps arriver, par le tuyau *x'*, de l'eau chaude de condensation d'une machine à vapeur voisine. Le chargement, qui dure 5 minutes, étant terminé, on imprime au trommel, pendant 10 ou 15 minutes, un mouvement de rotation tel qu'un point de la surface héliçoïdale soit poussé de E vers F, puis on change le sens de la rotation en faisant arriver de l'eau par le conduit *x*. Quand le minerai est très impur, on le promène ainsi à plusieurs reprises dans le trommel pour le débarrasser autant que possible des schlamms, qui, entraînés au travers d'une grille très fine en fil de fer E, se rendent, par un conduit I placé au-dessous, dans les bassins de dépôt. Quant au minerai qui sort du trommel plein, il tombe, par le canal en tôle M, dans le trommel de séparation à claire-voie B, et dans sa chute il est lavé par l'eau qui s'écoule du conduit *x*. Le trommel B, mû par l'axe *h* au moyen d'un engrenage conique, est légèrement incliné à l'horizon, et se compose de trois parties dans lesquelles l'écartement des barreaux va en augmentant. A sa partie supérieure, dans la portion pleine, il porte une cloison héliçoïdale en tôle, qui a pour objet d'arrêter le minerai dans sa chute, et de le faire mieux laver par le courant d'eau. On obtient ainsi du minerai à trier qui est sorti par l'extrémité du trommel à claire-voie, du minerai de criblage qui a passé à travers les deux premières grilles et du minerai fin que l'on achève de débourber dans l'appareil de séparation que nous allons décrire.

Cet appareil se compose d'un axe *d d*, qui reçoit le mouvement de l'axe moteur *b*, par un engrenage conique ; cet axe, à l'aide de la poulie *e e*, et d'une courroie sans fin, fait tourner le tambour *f* et trois roues *g g*, *n n*, *p p*, montées sur le même arbre. Ces roues font neuf tours par minute ; l'axe et le bras sont en fer et la couronne en bois ; les mailles des treillis métalliques de ces roues ont des diamètres respectifs dans les rapports 1, 2 et 4 ; à 0m,25 environ de la circonférence de la roue *g*, *g*, se trouve un fond en bois intérieur interrompu en un de ses points, où il présente un rebord incliné en *h*. Le minerai fin, arrivant du trommel B, par le plan incliné *t t*, tombe d'abord dans l'intérieur de la roue *g g*, sur le fond en bois, et s'y accumule à la partie inférieure ; lorsque la partie de la circonférence dans laquelle ce fond est interrompu passe en bas de la verticale, le minerai tombe sur la toile métallique en vertu du mouvement de la roue et de la présence du rebord *h*, y adhère dans le premier moment et est entraîné avec elle ; mais bientôt de l'eau chaude venant du condenseur de la machine à vapeur est introduite entre les deux couronnes par l'ouverture *h'*, au moment où celle-ci passe devant le conduit d'arrivée *i*, et le minerai reçoit à travers le grillage le choc de la lame d'eau qui le détache de la toile et le débar-

Digitized by Google

rasse en même temps des schlamms qu'il retient quoiqu'en petite quantité, tandis que le frottement des morceaux les uns contre les autres et contre la toile métallique sur laquelle ils remontent, achève le lavage. Cela continue ainsi pendant un tour entier de la roue jusqu'à ce que la cloison, qui sépare le fond en bois de la couronne métallique, entraîne le minerai qui, arrivé au point culminant, tombe dans la deuxième roue *n n*, par le canal en bois *m*. L'eau employée tombe sur le plan *k*, et s'écoule ensuite par une porte à vanne dans un canal terminé par un ressaut, et de là dans les bassins de dépôt. Un enfant agite constamment en *k* l'eau

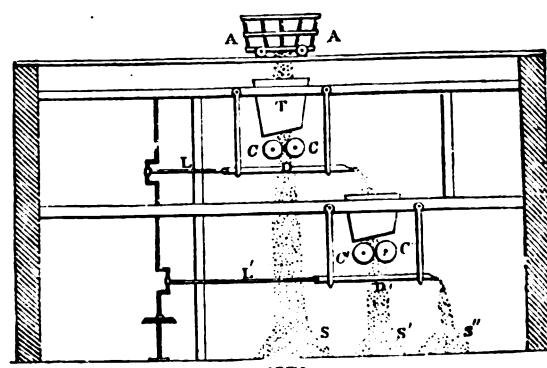


1769.

qui y tombe pour faciliter la séparation des parties métalliques et des parties argileuses, tandis qu'un ouvrier remonte sans cesse, à la pelle et dans le même but, les matières contre le cours de l'eau. On obtient ainsi des schlamms riches et des schlamms pauvres. Le minerai qui s'est rendu dans la roue *n n*, y est traité d'une manière analogue, à cela près qu'ayant déjà été débourbé il n'est pas nécessaire d'employer un nouveau courant d'eau. Ce qui n'a pu traverser les mailles passe dans la roue *p p*, par le canal *m'*, et tombe à la fois sur le sol de l'atelier par le canal *m''*. On obtient ainsi trois sortes de minerai de criblage de grosseurs différentes.

Les minerais en gros grains disséminés dans une gangue pierreuse doivent être réduits en particules plus petites, ce qui se fait au moyen de cylindres ou de bocards. Les cylindres et bocards à sec servent également à concasser et à réduire à l'état de *schlichs* les minerais bons à fondre.

La fig. 1770 représente des *cylindres broyeurs* employés en Angleterre sur la mine de cuivre et étain de Pembroke. Des chariots A A, roulant sur chemin de fer et mus au moyen d'une corde et d'une poulie de renvoi par la machine à vapeur motrice, amènent le minerai à broyer au-dessus de l'appareil. En les ouvrant sur le côté, on fait tomber le minerai dans la trémie T, qui le distribue immédiatement entre les cylindres unis C, C, d'où il tombe sur le tamis D, qui reçoit un mouvement de va-et-vient dans le plan horizontal par l'intermédiaire d'un bras de levier L. Une partie du minerai le traverse et forme un tas S ; le minerai plus gros tombe entre les cylindres inférieurs C', C', analogues aux cylindres C, C, et de là sur le tamis à secousses L' D', qui le partage en deux tas S', et S''. Les trous des cribles D, D', étant de même diamètre, les produits S, S', sont de même nature et donnent du schlich bon à fondre, ou du minerai de criblage, suivant la matière qui a été écrasée. S'' est broyé de nouveau ; on le rejette dans la trémie T, avec du minerai brut. Le diamètre des cylindres supérieurs est de 0m,45 ;

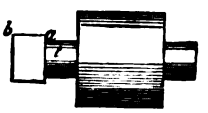


1770.

celui des cylindres inférieurs (fig. 1771) de 0m,40. On remarque, dans la figure, que le tourillon *t* est suivi d'une partie carrée *a b*, qui empêche le cylindre de se

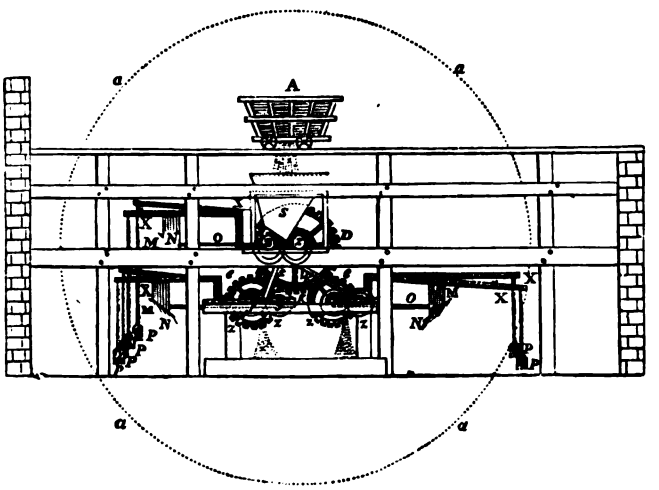
Digitized by Google

mouvoir dans le sens de son axe. Ces divers cylindres sont en fonte blanche et durent en moyenne un mois ; ils font de 10 à 15 tours par minute selon la dureté de la substance à écraser. Cet appareil, mû par une machine à vapeur de 20 chevaux, broie, par 24 heures, 500 q. m. de minerai riche : elle écrase moins de minerai pauvre dans le même temps.



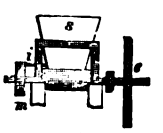
1771.

La fig. 1772 représente les cylindres à broyer généralement employés en Angleterre pour concasser le minerai de plomb. Cette machine se compose d'une paire



1772.

de cylindres cannelés x, x, et de deux paires de cylindres unis $z\,z$, $z\,z$, qui servent les unes et les autres au broyage du minerai. Les deux cylindres de chacune de ces trois paires tournent simultanément en sens inverse au moyen des roues dentées m (fig. 1773) que chaque cylindre porte sur son axe et qui engrènent deux à deux l'une dans l'autre. Le mouvement est donné par une seule roue hydraulique dont le cercle $a\,a$ représente la circonférence extérieure. L'un des cylindres cannelés x est placé sur le prolongement de l'axe de la roue motrice qui porte en outre une roue dentée en fonte D, laquelle engrène avec les roues dentées e, e_1 fixées sur les axes de deux des cylindres $z\,z$, $z\,z$. En dessus des cylindres cannelés se trouve une trémie S, qui leur verse, au moyen d'un mécanisme particulier, le minerai qui est apporté par des chariots A. Ces chariots roulent sur un chemin de fer et viennent se placer au-dessus de la trémie et s'y décharger au moyen d'une trappe qui s'ouvre par dehors au milieu de leur fond. Au-dessous de la trémie, il y a une petite auge dans laquelle descend de lui-même le minerai qu'elle contient, et qui le verse sans cesse sur les cylindres par l'effet des secousses continuelles que lui imprime une tringle de bois i (fig. 1773) qui y est attachée et qui s'appuie sur les dents de la roue m. On règle la position du sabot de manière à ce qu'il ne tombe jamais sur les cylindres assez de minerai pour les engorger, et on y fait arriver un petit filet d'eau qui se répandant ensuite sur les cylindres les empêche de s'échauffer. Après avoir passé entre les cylindres cannelés, le minerai



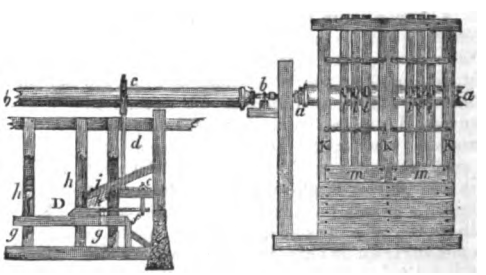
1773.

tombe sur des plans inclinés w, w, qui le versent sur l'une ou l'autre paire de cylindres unis.

Les cylindres tant cannelés qu'unis sont en fonte coulée en coquille ; leurs tourillons se meuvent dans des crapaudines de laiton fixées dans les supports en fer K, attachés par des boulons à la charpente qui sert de base à tout le système. Ces supports présentent chacun une longue mortaise à l'une des extrémités de laquelle est solidement fixée une des boîtes f de l'un des cylindres, et dans le reste de laquelle glisse l'une des boîtes g, de l'autre cylindre ; disposition qui permet aux deux cylindres d'être en contact ou de s'éloigner d'une petite quantité suivant que les circonstances l'exigent. Le cylindre mobile se rapproche du cylindre fixe au moyen de leviers en fer X, qui portent à leurs extrémités des poids P, et qui s'appuient sur des coins M, lesquels peuvent glisser sur un plan incliné N. Ces coins pressent alors la barre de fer O, et font rapprocher le cylindre mobile en poussant la crapaudine qui supporte son axe. Les choses étant ainsi disposées, s'il arrive qu'un fragment très gros et très dur vienne à se présenter à une des paires de cylindres, l'un d'eux s'écarte et le laisse passer sans que la machine éprouve aucun dommage.

Nous avons déjà donné (fig. 1765 et 1766) le plan d'un *bocard à grille* pour le concassage des minerais de fer hydroxydés argileux, consistant en une batterie de cinq pilons. La fig. 1774 donne l'élévation d'un bocard composé de deux batteries de trois pilons chacune, et annexé à une table à secousses D, servant au lavage du minerai bocardé. a a, est l'arbre moteur sur lequel sont fixées les cames l, l, qui soulèvent les flèches des pilons, lesquels retombent ensuite dans les auges m, m, en vertu de leur propre poids.

Les flèches des pilons ont une assez grande hauteur et sont en bois ; elles portent à leur partie inférieure un sabot en fonte du poids de 30 à 100^k, et leur levée est également très variable. Les flèches sont écartées de



1774.

telle sorte que la distance entre leurs sabots soit au plus de 0^m,02 à 0^m,03 ; elles sont guidées dans leur mouvement vertical de va-et-vient par deux systèmes de moises rectangulaires, dont l'inférieur doit être au plus à 1^m au-dessus du fond de l'auge sur lequel frappent les sabots, et le supérieur aussi élevé que possible. Chaque bocard est ordinairement divisé en deux à cinq batteries mues par un même arbre, et renfermant chacune 3 à 5 pilons qui travaillent dans la même auge. Les flèches portent des appendices saillants et horizontaux à l'aide desquels elles sont soulevées par des

Digitized by Google

cames en développantes de cercle placées sur l'arbre moteur de manière à ce que, dans chaque auge, les coups soient équidistants. Il est préférable, pour éviter les frottements, d'évider les flèches et d'y fixer une tige transversale en fer sur laquelle les cames viennent agir.

Lorsqu'on bocarde à sec du minerai bon à fondre pour le concasser ou du minerai en gros grains disséminés, les parois latérales de l'auge des pilons sont enlevées et remplacées de chaque côté par des grilles horizontales. Lorsqu'on bocarde à l'eau, des minerais à gros grains disséminés, on remplace la paroi antérieure de l'auge par une grille qui règne sur toute sa hauteur. Afin d'éviter autant que possible la formation des schlamms, il convient de nettoyer souvent les grilles et de faire arriver beaucoup d'eau dans les auges. M. Juncker a reconnu qu'il était encore préférable de supporter complétement la grille ci-dessus ainsi que la paroi qu'elle remplace, et de bocarder à grande eau ; on tamise ce qui se dépose à la tête du canal du bocard, et on repasse sous les pilons le minerai non bocardé. En introduisant cette méthode à Poullaouen, M. Juncker a réduit la proportion des schlamms formés, et, par conséquent, la perte en minerai dans le rapport de 6 à 1.

Dans les divers cas que nous venons d'examiner, et lorsque le minerai à concasser ou à pulvériser n'est pas trop dur, on doit toujours préférer aux bocards les cylindres, broyeurs unis ou cannelés, qui donnent moins de schlamms et exigent moins de force motrice pour produire le même travail.

Lorsque le minerai est en grains très fins disséminés et que, par conséquent, il faut bocarder très fin, on incline légèrement l'auge des pilons et on fait arriver l'eau et le minerai à la partie supérieure, de manière à ce que le minerai passe successivement au-dessous de tous les pilons de la batterie ; à l'autre extrémité de la paroi antérieure de l'auge se trouve une ouverture, grillagée ou non, par-dessus le bord de laquelle l'eau s'écoule en entraînant les particules du minerai assez fines pour être tenues en suspension, et qui se déposent ensuite, dans les canaux du bocard, en schlamms de diverses grosseurs. La finesse des schlamms produits dépend de la quantité d'eau que l'on fait arriver dans l'auge et de la hauteur du seuil de l'ouverture précitée au-dessus du fond de l'auge.

Les bocards sont ordinairement alimentés par des caisses mobiles à fond incliné dans lesquelles on charge le minerai et qui reçoivent de légères secousses chaque fois que l'une des flèches de la batterie du bocard retombe, au moyen d'un mentonnet placé sur cette flèche.

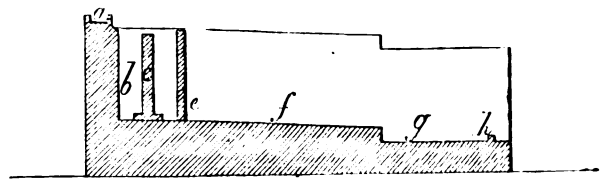
Enfin, lorsqu'il s'agit de réduire le minerai en farine pour ainsi dire impalpable, comme lorsqu'ils doivent ultérieurement être soumis à l'amalgamation, on emploie des meules verticales tournant sur un plan horizontal, ou, le plus souvent, des meules horizontales en pierre dure, comme du granit, de 1m,20 environ de diamètre, tournant avec une grande vitesse et entièrement disposées comme les meules anglaises des moulins à farine.

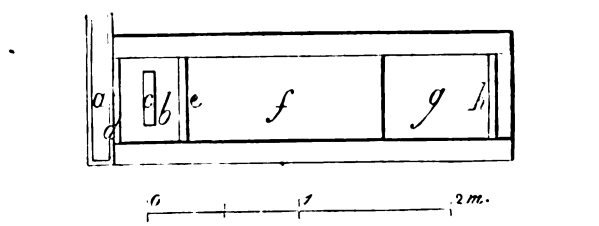
Parlons maintenant du lavage proprement dit, c'est-à-dire de la concentration des matières métalliques par le lavage.

Autrefois et maintenant encore, dans beaucoup de localités, on se servait exclusivement, pour le lavage, de caisses allemandes et de tables jumelles.

Les fig. 1775 et 1776 donnent le plan et l'élévation d'une *caisse allemande* ou *caisse à tombeau* (schlemm-graben). L'eau arrivant par le canal *a*, tombe par le trou *d*, dans la caisse *b*, où un arrêt *c* tend à régulariser le mouvement du liquide qui déborde ensuite en nappe très mince par-dessus le rebord *e*. Un enfant prenant le minerai avec une pelle l'applique contre la paroi *e*, contre laquelle il se promène de telle sorte qu'il est entraîné par l'eau et se répand uniformément sur toute la largeur de la table, tandis qu'un autre ouvrier l'y lave, en le ramenant contre le courant avec un râteau en bois sans dents; on obtient ainsi un schlich qui reste à la tête de la table et est envoyé à la fonderie, un schlich plus fin sur la table *g*, à relaver sur les tables

1775.



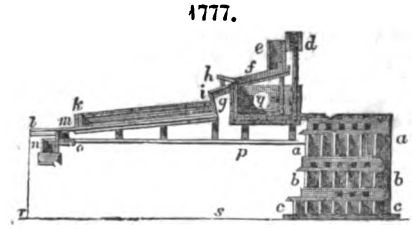


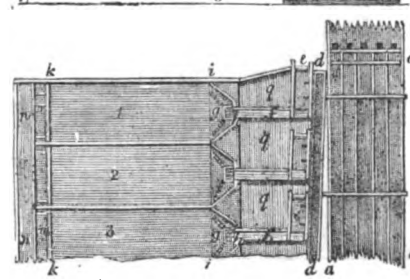
1776.

jumelles, et des boues qui s'échappent par-dessus le ressaut *h*, et sont rejetées ou lavées sur une table à secousses.

Les fig. 1777 et 1778 donnent le plan et la coupe de trois *tables jumelles* ou *tables dormantes* (liegende

1777.





1778.

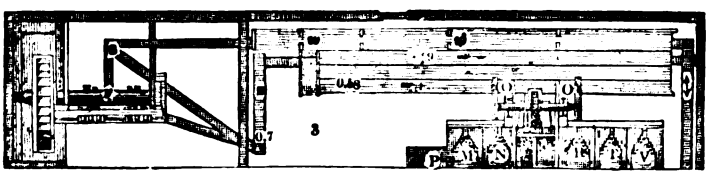
erde, kehrerde) accouplées : ordinairement ces caisses ne sont accouplées que par deux. *a a*, *b b*, *c c*, sont les canaux où se déposent les divers schlamms au sortir

Digitized by Google

du bocard, d'où on les enlève pour les jeter dans les caisses *e*; l'eau arrivant par le canal *d*, tombe par deux trous dans chacune des caisses, et entraîne le minerai qu'elles renferment le long du canal incliné *f*, et de là, en traversant la grille *h*, sur la tête de la table *g*, sur laquelle font saillie de petits prismes triangulaires dont la base est tournée vers *ii*, qui ont pour résultat de répandre uniformément l'eau chargée de schlamms sur la table *ki*, qui a de 3 à 6^{m} de long, 0^{m},60 à 0^{m},60 de large, et est munie de rebords de 0^{m},10 à 0^{m},15 de haut : elle est souvent rétrécie à sa partie inférieure par des planches placées obliquement de chaque côté, de manière à réduire sa largeur à 0^{m},20 ou 0^{m},30 ; on donne en général à la table une inclinaison de 1/15^{e}. Un ouvrier remonte les matières sur la table avec une planchette en bois ou un balai, et se sert ensuite d'un balai pour nettoyer la partie inférieure de la table. Les boues sont entraînées par l'eau dans les canaux *m* et *n* où elles se déposent, et sont ou rejetées ou lavées sur des tables à secousses.

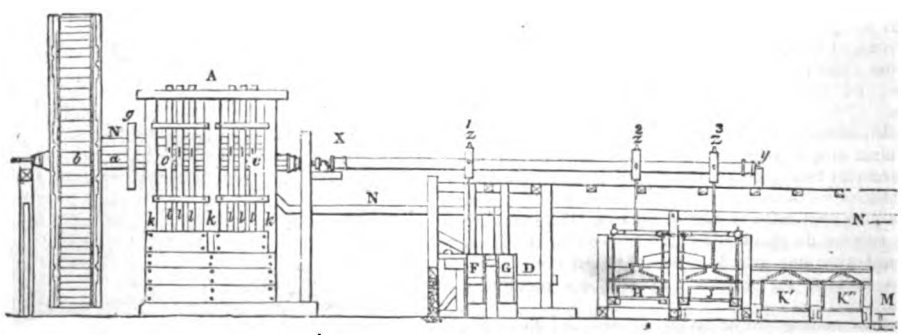
Nous ne parlerons ici que pour mémoire des *tables à toiles* (planen erde), qui ne sont presque plus employées et qui sont des espèces de tables jumelles recouvertes de toiles grossières, dont l'adhérence sert à retenir les particules métalliques. A la fin de chaque opération, on enlève ces toiles pour les secouer dans des baquets pleins d'eau, puis on les remet en place. Le schlich qui se dépose sur les toiles placées à la tête de la table est bon à fondre ; celui qui reste sur les dernières est relavé à part sur la table.

La fig. 1779 donne le plan d'un atelier de préparation mécanique à eau d'après l'ancien système ; 3, emplacement des tables de triage : F, bocards ; S, B, *w w*, canaux dont l'ensemble porte le nom de labyrinthe et dans lesquels se déposent des schlamms de diverses grosseurs : O, O, tamis à secousses ; P, caisse à tombeau ; M, N, R, S, T, tables jumelles.



1779.

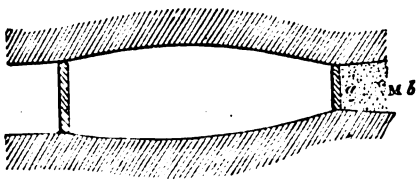
La fig. 1780 donne l'élévation d'un ancien atelier de préparation du même genre : *a*, axe de la roue hydraulique motrice *b*; A, bocard composé de deux batteries de trois pilons chacune ; *k k*, châssis du bocard ; *l*, *l*, flèches des pilons ; *e e*, arbre des cames, faisant



1780.

suite d'une part à l'axe *a*, et de l'autre à l'axe *x y*, qui met en mouvement en F, G, D, deux tamis à secousses superposés, et en H et J, deux tables à secousses, K', K'', tables dormantes ; N, conduite d'eau pour la laverie ; M, labyrinthe.

En Angleterre, on emploie fréquemment, pour débourber les schlamms, une caisse à tombeau grossièrement construite et représentée en plan fig. 1781 et en coupe



1781.

fig. 1782. Les boues sont accumulées dans la caisse M, et l'ouvrier les ramène continuellement avec une pelle de



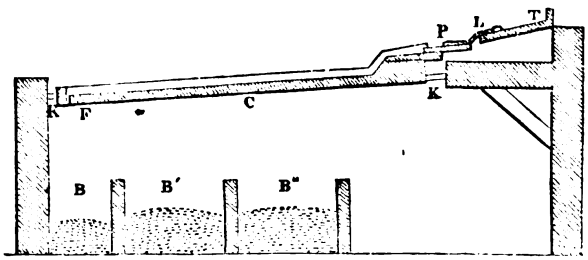
1782.

a vers *b*. Un courant d'eau, qui arrive dans M, les entraîne en nappe sur la table sur laquelle se déposent les particules métalliques, tandis que les parties terreuses sont entraînées dans un bassin à la suite. Ce qui se dépose sur les parties inférieures de la table est débourbé de nouveau, et ce qui reste à la tête de la table est lavé sur des tables jumelles.

Ces tables jumelles, représentées en coupe fig. 1783, se composent d'un cadre portant un plancher C, incliné à l'horizon, et susceptible de tourner sur deux tourillons K, K, un plan incliné T, sert de tête à la table ; une planche P, qui s'y attache par une bande de cuir L, établit la communication avec la table F C. Le minerai est rejeté en T, par petites parties de 10^{k} environ ; une femme l'étend avec un râble, tandis qu'un courant d'eau en entraîne une partie sur la table, où elle le lave ensuite ; les boues fines tombent par une fente F, dans un bassin B. Lorsque le schlich paraît assez riche, l'ouvrière fait

Digitized by Google

tourner la table autour de l'axe KK, en sorte qu'il tombe dans les cases placées au-dessous ; en B sont les



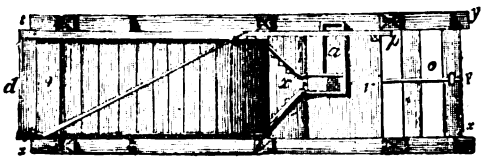
1783.

boues ; en B', un schlich impur à repasser sur la table ; et en B", un schich bon à fondre.

Dans la plupart des usines actuelles on a remplacé les tables à laver fixes que nous venons de décrire, en tout ou en partie, par des *tables à secousses* (stossherde).

Les fig. 1784, 1785 et 1786, donnent le plan, l'élévation et la coupe d'une table à secousses : elle se compose d'une table *d b c u* légèrement inclinée et suspendue

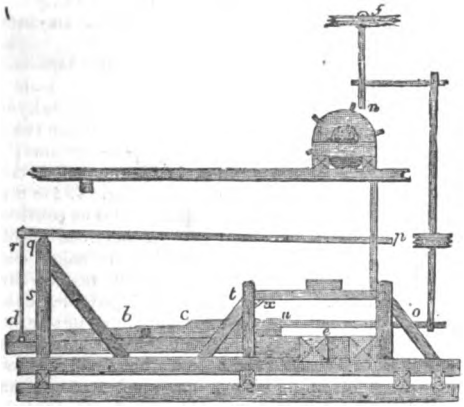
1784.



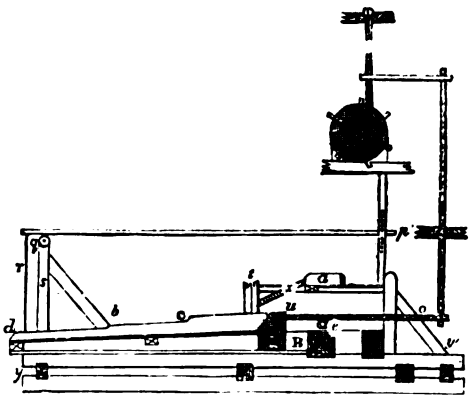
à ses extrémités, dont la supérieure est également articulée avec le levier *n*, et l'inférieure *uo* soutenue par un rouleau *e*, *a*, est la caisse remplie de minerai où arrive un filet d'eau qui l'entraîne sur la tête de la table *x*, disposée comme dans les tables jumelles. Lorsque la came abandonne le levier *u*, la table *b c* retombe par son propre poids et vient choquer le bloc B, ce qui lui communiqué une vibration plus ou moins forte. Lorsque la table est poussée en avant, son inclinaison augmente, et d'autant plus que les chaînes de la tête sont plus courtes et plus inclinées, et son centre de gravité se soulève ; le courant d'eau augmente de vitesse ; cette vitesse croît encore, par l'effet du recul ; lors du choc le minerai est mis en suspension dans l'eau, de sorte que, dans la plupart des cas, le lavage se fait tout seul, et l'ouvrier n'a qu'à régler convenablement l'inclinaison de la table, l'intensité des secousses, leur nombre en un temps donné, la pression de la table sur le bloc, l'avancement de la table, et la quantité d'eau et de minerai qui doit arriver sur la table dans un temps donné. On peut, en faisant varier d'une manière convenable tous ces éléments, laver sur ces tables toutes sortes de minerais. On les emploie surtout pour le lavage des boues ou schlamms.

On emploie souvent, pour imprimer des secousses à la table, l'appareil représenté fig. 1787 : *t*, est l'arbre moteur dont les cames agissent sur la pièce *u z*, qui se fixe en *z*, à l'aide de chevilles, dans une coulisse pratiquée dans l'un des bras du levier coudé *v x y*, mobile autour du point *v*, et dont le bras *x y*, agit sur la table. On varie l'intensité de la secousse, en fixant la pièce *u z*, plus ou moins haut dans la coulisse.

Le *criblage à la cure* s'exécute dans un crible ordi-



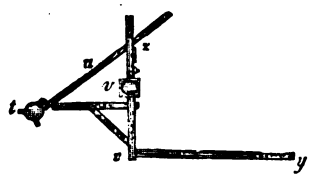
1785.



1786.

à quatre chaînes *r* et *t* ; les chaînes *r* sont plus longues que les chaînes *t* ; les premières fixées par l'autre extrémité à l'un des leviers *p*, qui s'appuient d'une part sur les traverses *q*, et dont l'autre bout est fixé par des chevilles, sur des montants verticaux, à une hauteur plus ou moins grande suivant l'inclinaison que l'on veut donner à la table ; les chaînes *t*, placées à la tête de la table, sont plus courtes que les chaînes *r* et assez fortement inclinées sur la verticale, ce qui détermine une certaine pression de la table sur l'arrêt ou bloc R. L'arbre A est muni de cames, qui venant agir sur le levier vertical *n*, impriment à la table *b c* un mouvement de progression dans le sens *c b*, par l'intermédiaire d'un levier vertical et de deux pièces horizontales articulées

nairement circulaire, suspendu soit à une perche élastique, soit à un levier à contre-poids, et que l'on fait



1787.

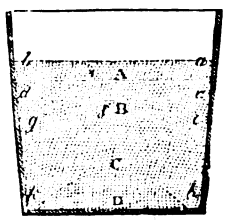
osciller verticalement dans une cuve pleine d'eau. A chaque secousse le minerai étant mis en suspension

Digitized by Google

dans l'eau, les parties métalliques plus lourdes tendent à s'accumuler au fond, et les parties pierreuses, plus légères, à gagner la surface Au bout d'un certain temps, on arrête le mouvement, et on enleve, par couches horizontales, ce qui est resté sur le crible; on obtient ainsi, en allant de haut en bas : 1° de la gangue stérile à rejeter; de la gangue avec un peu de minerai disséminé à pulvériser plus fin; 2° du minerai à relaver sur le même crible; 3° enfin du schlich bon à fondre. Le menu qui a passé à travers le crible et qui s'est rassemblé au fond de la cuve est lavé de la même manière sur un crible plus fin.

On peut soumettre au criblage à la cuve toutes sortes de minerais pourvu qu'ils aient été préalablement débourbés. Les cribles à secousses se manœuvrent, soit à la main, soit au moyen de machines. Depuis quelque temps, on emploie avec avantage des cribles fixes, à travers lesquels on communique à l'eau un mouvement alternatif en la refoulant dans un corps de pompe latéral, au moyen d'un piston : le crible remplit alors toute l'ouverture de la cuve.

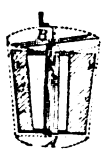
On se sert souvent, dans le Cornouailles, pour laver le minerai d'étain, de grandes cuves cylindriques ou légèrement coniques (fig. 1788), dans lesquelles on jette le minerai avec une certaine quantité d'eau; un ouvrier agite et mèle le tout ensemble avec une pelle en fer, pendant trois ou quatre minutes, puis il frappe pendant huit ou dix minutes sur les parois de la cuve, ce qui fait déposer les parties les plus lourdes; on renverse la cuve pour la vider entièrement de liquide; et l'on divise le minerai resté dans la cuve en quatre tranches. La tranche supérieure A se débourbe dans la caisse à débourber (fig. 1781); la tranche B est lavée sur les tables jumelles (fig. 1783); la tranche C est envoyée aux fourneaux de calcination; et enfin la tranche D, qui renferme les particules plus grosses, est renvoyée au bocard pour y être pulvérisée de nouveau.



1788.

On lave aussi avec l'appareil précédent le minerai d'étain après qu'il a été soumis à la calcination.

On emploie aussi fréquemment, en Angleterre, un appareil représenté dans la fig. 1789, analogue au précédent et dans lequel on met le minerai fin, déjà presque pur, en suspension dans l'eau, au moyen d'un axe vertical AB armé d'ailettes; après quoi, par le repos, les parties métalliques se séparent des parties terreuses. On aide cette séparation en frappant sur les parois de la cuve pendant la précipitation, ce qui suspend celles des matières terreuses sans arrêter celles des parties métalliques.



1789.

En résumé, la préparation mécanique des minerais consiste d'abord dans un triage à la main aussi soigné que le prix de la main-d'œuvre le permet, puis dans un débourbage et un classement des minerais au moyen de grilles ou de trommels, en concassant les minerais avec des cylindres qui donnent moins de schlamms et plus d'effet utile que les bocards, et n'employant ces derniers que lorsque la dureté extrême des gangues le nécessite; enfin dans un criblage à la cuve des minerais débourbés et classés en différentes grosseurs, et dans le lavage des schlamms et boues sur des tables à secousses.

Il importe de faire remarquer que les ateliers de préparation mécanique et surtout les patouillets doivent avoir pour annexes des bassins d'épuration pour clarifier les eaux que l'on rend aux cours d'eau, et que l'établissement et le curage de ces bassins sont soumis à des règlements de police.

Au sortir des ateliers de préparation mécanique, et avant de les livrer aux fonderies ou autres usines métallurgiques, on détermine d'une manière précise la *teneur* des schlichs, par les procédés que nous avons décrits tant à l'article DOCIMASIE, qu'au nom de chaque métal,

Calcination. — Grillage.

On calcine souvent les minerais de fer, surtout les minerais de fer hydratés en roche, pour en chasser l'eau, et les minerais de fer carbonatés spathiques et lithoïdes pour en expulser l'eau, l'acide carbonique et les matieres bitumineuses qu'ils peuvent renfermer. En outre, si ces minerais renferment de petites quantités de pyrites, celles-ci perdent une partie de leur soufre dans cette opération, et se transforment ensuite, lorsqu'on les laisse exposées pendant un certain temps à l'action des agents atmosphériques, en sulfate de fer qui est entraîné par l'eau, ce qui améliore beaucoup leur qualité.

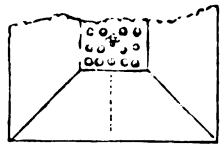
On grille les minerais de cuivre, et les mattes que l'on obtient de la fonte des minerais grillés, pour en chasser une partie du soufre, et concentrer ainsi le cuivre, qui a une plus grande affinité pour le soufre que le fer, dans une nouvelle matte, que l'on obtient par la fusion des matières grillées, tandis que les gangues pierreuses et l'oxyde de fer produit par le grillage passent dans les scories.

On grille, pour les ramener à l'état d'oxyde réductible par le charbon, le sulfure de plomb (galène), le sulfure de zinc (blende), et le sulfure d'antimoine.

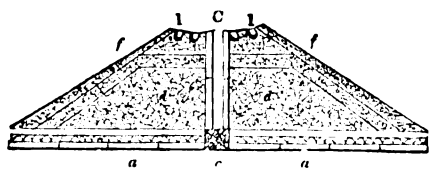
Enfin, on grille les minerais d'étain pour ramener les pyrites qu'ils renferment, à l'état d'oxydes pulvérulents et légers, qu'il devient alors très facile de séparer par le lavage.

La calcination et le grillage des minerais s'exécutent de trois manières différentes : 1° en tas; 2° en cases; 3° dans les fourneaux.

Les fig. 1790, 1791 et 1792 donnent une idée de la manière dont on établit les tas de grillage, pour le cuivre pyriteux, dans le Hartz et à Chessy, près de Lyon.


1790.

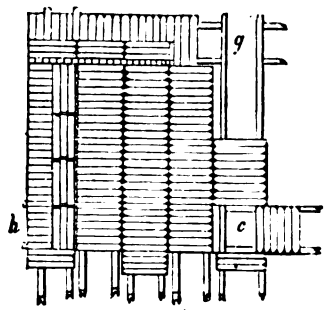
La fig. 1790 est une vue en dessus du tas terminé; la fig. 1791, une coupe verticale; et la fig. 1792 le plan du quart du tas en construction. *c* C, cheminée centrale en bûches, ménagés dans l'intérieur du tas, et dans laquelle on jette des charbons enflammés lors de l'allumage du feu. *g*, *h*, canaux ménagés à la base du tas pour y faire arriver l'air nécessaire à la combustion. *a*, lit de fagots ou de bûches sur lequel repose le minerai, le plus gros *d* à la base et le plus fin à la surface, où il est recouvert par une couche mince de terre et de fraisil *ff*. Dans la surface supérieure du tas sont pratiquées un certain nombre de cavités hémisphériques I. I, dans lesquelles se rassemble une partie du soufre chassé des pyrites par l'action de la chaleur; une autre



1791.

Digitized by Google

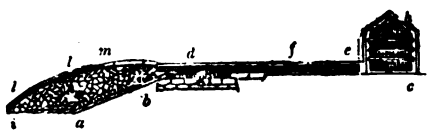
partie de ce soufre est brûlée par l'air affluant dans l'intérieur du tas et produit une portion de la chaleur nécessaire à la calcination.

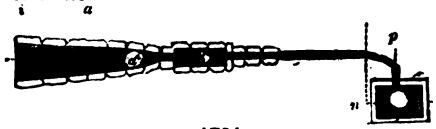


1792.

On emploie quelquefois en Suède, pour recueillir une certaine quantité de soufre, lors du grillage des minerais pyriteux, une méthode un peu différente et dont les fig. 1793 et 1794 donneront une idée. Le minerai *r* est placé en tas sur un lit de rondins de bois *i a*, et sur le talus *a b*; il est recouvert d'une voûte en terre *l m*, dans laquelle est pratiquée en *m* une ouverture que l'on ouvre au commencement de l'opération pour déterminer un tirage suffisant pour l'allumage du tas. Le soufre pro-

1793.





1794.

duit par la distillation se rassemble soit dans la cavité *g*, soit dans le canal en briques *d f e*, soit enfin dans la chambre de condensation *h* divisée en cinq étages superposés.

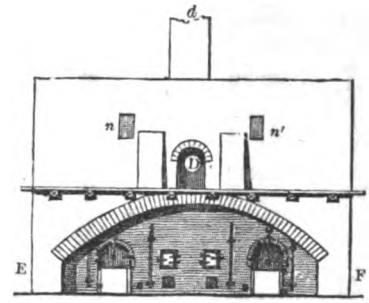
Enfin on grille quelquefois (voyez CUIVRE, p. 1048 et suiv.) les minerais pyriteux, dans un fourneau à courant d'air forcé, en les mélangeant avec une petite quantité de nitrate de potasse ou de soude, et utilisant les produits gazeux de la combustion pour fabriquer de l'acide sulfurique, en les faisant arriver avec un courant de vapeur d'eau dans des chambres de plomb ou tout autre récipient.

On grille ordinairement en cases, sur le continent, les mattes de plomb et souvent aussi celles de cuivre. Les cases sont des aires dont le sol est légèrement incliné et qui sont renfermées entre trois murs; on y stratifie le minerai avec du bois.

On grille souvent les mattes de cuivre à plusieurs feux, c'est-à-dire qu'on recommence successivement le grillage à plusieurs reprises; comme, pendant ce grillage, il se forme une quantité notable de sulfate de cuivre, on lessive quelquefois les mattes grillées pour l'en retirer, et on précipite le cuivre des eaux de lavage par de la vieille ferraille.

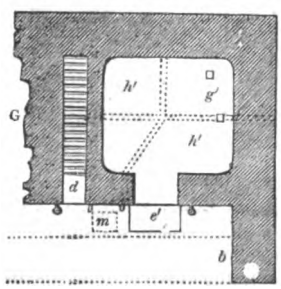
On grille ou calcine les minerais de fer soit en tas, soit entre quatre murs, soit dans des fours intermittents ou continus tout à fait analogues à ceux employés pour la cuisson de la chaux (voyez CHAUX et MORTIER), ce qui nous dispense d'entrer ici dans aucun détail à ce sujet.

Enfin, on emploie souvent des fours à réverbère, chauffés au bois ou à la houille, pour griller les minerais de cuivre, d'étain, etc. Lorsqu'il se produit par le grillage des fumées métalliques ou arsénicales, on les recueille dans des chambres de condensation placées à la suite des fourneaux à réverbère. La fig. 1795 donne

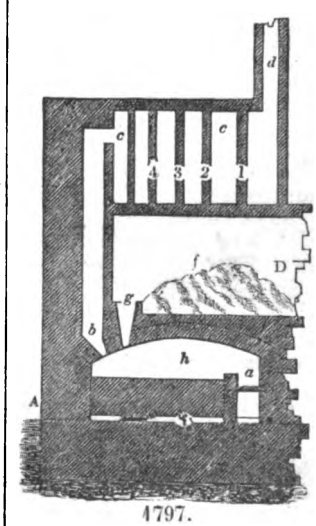


1795.

l'élévation de deux fours à réverbère accolés, dont l'un est représenté en plan et en coupe dans les fig. 1796 et 1797, et qui servent au grillage des minerais d'étain: *a*, grille; *f*, schlich amené sur la voûte du four où il se dessèche, puis introduit par l'ouverture ou trémie *g*, sur la sole du four *h*; l'acide arsénieux, produit par le grillage des pyrites arsénicales qui se trouvent ordinairement mélangées avec l'oxyde d'étain, se rend par le canal *b*, dans les chambres de condensation *c c*, où il se dépose, et les produits gazeux ou non condensés sont rejetés dans l'atmosphère par la cheminée *d*; *e*, est la porte de travail; *n* et *n'*, deux portes murées que l'on ouvre de temps à autre, lors qu'on veut retirer l'acide arsénieux qui s'est déposé dans les chambres de condensation.



1796.



1797.

Fusion.

La fonte des minerais crus et grillés ou des mattes grillées se fait après addition de fondants convenables dans des fourneaux à tuyères ou dans des fours à réverbere.

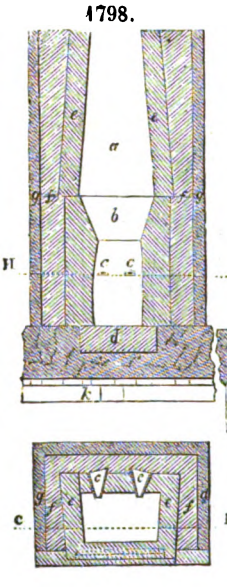
Les minerais de fer se fondent tous (un seul cas excepté, *forges catalanes*) dans des hauts-fourneaux (fi-

Digitized by Google

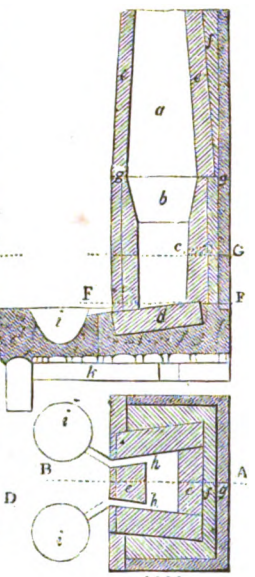
gure 844, p. 1537), dont la hauteur varie de 7 à 15m et qui sont alimentés par une à trois tuyères.

Les minerais de cuivre, d'étain, et quelquefois ceux de plomb et ceux d'argent (fonte avec des matières plombeuses), se fondent dans des demi-hauts-fourneaux (fig. 1798 à 1801) de 4 à 6m de hauteur et ayant une ou deux tuyères placées sur la même paroi.

1798.



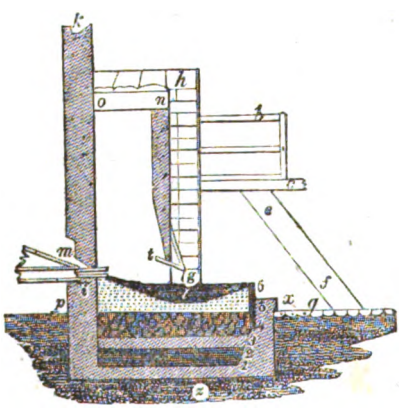
1799.



1800.

1801.

Ces derniers minerais se fondent quelquefois dans des bas-fourneaux à tuyères ou fourneaux à manche (figure 1802). Les fontes des mattes grillées, celles des scories de plomb et d'étain, et la revivification des litharges se font ordinairement dans des fourneaux à manche.



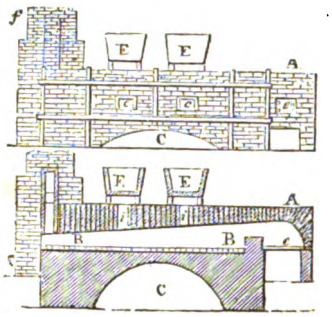
1802.

Dans les pays où le combustible végétal est rare et où l'on peut se procurer du combustible minéral à des prix modérés, la fonte des minerais et mattes grillées de cuivre, des minerais de plomb et d'étain, etc., se fait généralement dans des fours à réverbère (fig. 1803 et 1804) de forme variée suivant la température qu'il est nécessaire de développer.

On revivifie également les litharges au four à réverbère.

Dans les fourneaux à tuyères les oxydes métalliques sont réduits par le charbon ou plutôt par les gaz combustibles avec lesquels ils se trouvent en contact ; lorsqu'il y a des sulfures et que la température n'est pas très

1803.



1804.

élevée, les oxydes métalliques passent dans les scories à l'état de silicates et les sulfures métalliques s'en séparent à l'état de mattes.

Dans les fours à réverbère, pour qu'il y ait réduction des oxydes, il faut charger beaucoup de combustible sur la grille et, en outre, mélanger la matière avec du poussier de houille ou couvrir la sole d'une certaine quantité de charbon, comme, par exemple, pour la fonte des minerais d'étain et la revivification des litharges.

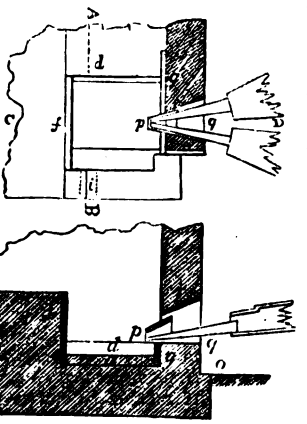
Dans la fonte des minerais de plomb au four à réverbère, on commence par griller le minerai sulfuré, et lorsqu'une partie a été transformée en oxyde et en sulfate, on donne un coup de feu ; le sulfure restant réagit sur l'oxyde et le sulfate formés, il se forme du plomb métallique et il se dégage de l'acide sulfureux.

On emploie également du fer pour réduire les sulfures de plomb et d'antimoine, que l'on opère la fonte dans un fourneau à tuyère ou dans un four à réverbère.

Affinage.

L'affinage de la fonte ou sa transformation en fer malléable se fait soit dans des bas foyers à tuyères (figures 1805 et 1806), soit dans des fours à réverbère dits *fours à puddler* (figures 1807 et 1808) construits de telle sorte que l'on puisse y développer une température très élevée. Dans les deux cas, on ajoute une certaine quantité de scories et de matières très riches en oxyde de fer, qui réagissent par suite à une haute température sur la fonte et l'amènent à l'état de fer malléable en brûlant le carbone et le silicium qu'elle renferme.

1805.



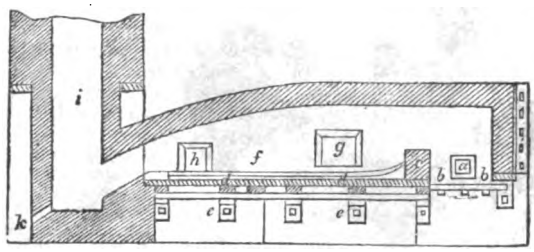
1806.

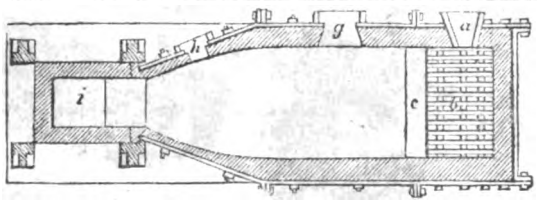
On fait souvent précéder l'affinage proprement dit d'un demi-affinage dit *maséage*, en fondant la fonte

Digitized by Google

avec des scories riches en fer et des battitures, dans des bas-fourneaux, tantôt à une seule tuyère (foyers de mazerie nivernais), tantôt à quatre ou six tuyères (fineries anglaises) disposées de chaque côté du fourneau

1807.





1808.

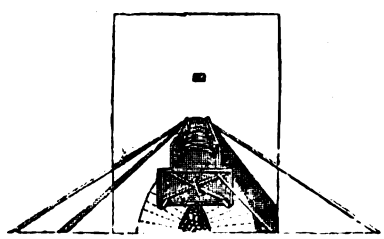
de manière à ce que chacune d'elles occupe la ligne médiane des deux tuyères opposées.

L'affinage du cuivre se fait également soit dans des bas foyers, soit dans des fours à réverbère.

L'affinage du plomb et de l'étain se fait en le soumettant à la liquation, soit sur une aire légèrement inclinée, soit sur la sole d'un four à réverbère.

Liquation.

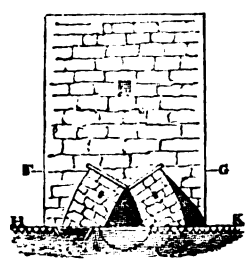
On sépare certains métaux ou minerais métalliques très fusibles de leurs gangues, en les soumettant à la



1809.

liquation. C'est ainsi qu'on obtient le bismuth et le sulfure d'antimoine. Cette liquation peut s'opérer en plaçant le minerai dans des pots, des tubes droits ou inclinés, chauffés à l'extérieur ou sur la sole d'un four à réverbère.

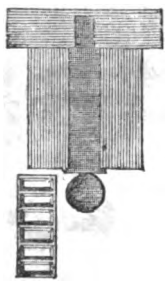
On traite également le minerai de plomb par liquation, lorsqu'on emploie pour l'obtenir la méthode écossaise (voyez PLOMB).



1810.

C'est encore par liquation que l'on traitait anciennement et que l'on traite encore en quelques endroits le cuivre noir argentifère pour en retirer l'argent qu'il renferme ; cette opération consiste à le fondre

avec une certaine quantité de plomb pauvre, à couler en pains l'alliage obtenu, et à soumettre ces pains à la liquation sur une aire de liquation (fig. 1809, 1810 et 1811). Le plomb en se séparant par liquation entraîne la plus grande partie de l'argent pour lequel il a plus d'affinité que le cuivre ; le plomb argentifère ainsi obtenu est soumis à la coupellation, et le cuivre noir désargenté, qui reste sous la forme de carcas sur l'aire de liquation, est affiné pour cuivre marchand.



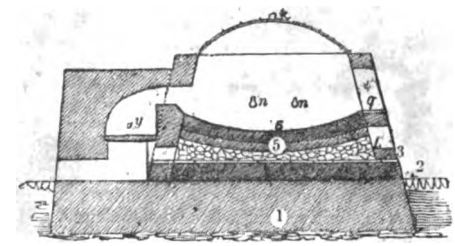
1811.

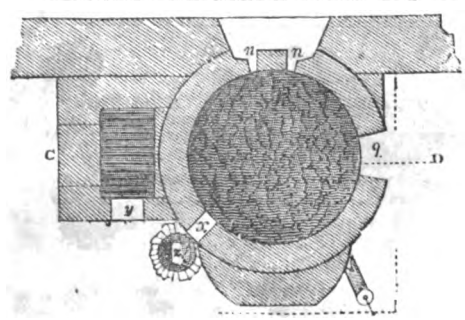
Coupellation.

Le plomb argentifère est soumis à la coupellation pour en retirer l'argent qu'il renferme ; cette opération, qui se fait dans des fourneaux à réverbère dits *fourneaux de coupelle* (fig. 1812 et 1813), a pour but de séparer le plomb à l'état d'oxyde ; on active l'oxydation du plomb en lançant sur la surface du bain, par une ou deux tuyères *n*, *n*, un courant d'air froid. On fait écouler au fur et à mesure de leur formation les litharges ou oxyde de plomb ; à la fin l'argent reste seul sur la sole sous la forme de gâteau. On le raffine par une nouvelle coupellation sur une petite échelle.

Lorsque le plomb argentifère est très pauvre, on le concentre par une coupellation incomplète dite *coupellation pauvre*, ou par l'affinage par cristallisation, qui est fondé sur cette propriété qu'en laissant refroidir un

1812.





1813.

bain de plomb fondu et enlevant au fur et à mesure les cristaux de plomb qui se solidifient, l'argent se concentre dans le bain et les cristaux retirés sont plus pauvres que ce dernier.

Sublimation.

On obtient par sublimation l'acide arsénieux, le mercure et le zinc.

L'acide arsénieux est ordinairement un produit ac-

Digitized by Google

cessoire du grillage des minerais d'étain et se dépose dans les chambres de condensation; cependant, il s'obtient aussi directement par le grillage des pyrites arsénicales. Dans tous les cas on le purifie par une seconde sublimation.

La distillation du mercure se fait, comme nous l'avons vu dans l'article précédent, dans des cornues ou des fourneaux de forme variable après avoir mélangé au besoin le minerai avec une certaine quantité de chaux ou de calcaire. On condense le mercure, soit dans des récipients pleins d'eau, soit dans des appareils d'un grand développement refroidis par le contact extérieur de l'air.

La distillation du minerai de zinc a lieu dans des pots, des cornues ou des mouffles, chauffés extérieurement; on mélange le minerai de zinc avec une certaine quantité de charbon. Lorsqu'on veut traiter du sulfure (blende), il faut préalablement le soumettre à un grillage aussi parfait que possible. Le zinc se condense dans les allonges des cornues ou mouffles. On le purifie en le refondant.

Traitement des minerais par voie humide.

Amalgamation. Le traitement par amalgamation s'applique aux minerais d'argent et consiste, après avoir ramené à l'état métallique ou de chlorure, l'argent qu'ils renferment, par l'incorporation d'un oxychlorure de cuivre ou le grillage avec du sel marin, à les malaxer avec du mercure qui forme avec l'argent un amalgame soluble dans un excès de mercure. On sépare cet amalgame en le filtrant à travers une peau ou une planche de bois, puis, en le soumettant à la distillation, on en sépare le mercure.

Traitement par les acides. On emploie depuis quelque temps avec succès de l'acide sulfurique du commerce, ou fait sur place par le grillage de sulfures métalliques avec du nitre, pour traiter soit des minerais de cuivre oxydés ou carbonatés crus, soit des minerais de cuivre sulfurés après les avoir grillés aussi complétement que possible. On précipite par de la ferraille le sulfate de cuivre produit, et on raffine le cuivre de cément obtenu dans des fourneaux à réverbère ou dans des bas-foyers.

Le platine s'obtient en traitant ses minerais par l'eau régale, le précipitant de la dissolution par le sel ammoniac et calcinant le sel double obtenu.

Traitement électro-chimique. Ce traitement n'étant encore qu'à l'état d'essai dans quelques usines pour le traitement des minerais d'argent et de cuivre, et n'ayant encore été définitivement adopté dans aucune, ne peut pas être considéré comme constituant en ce moment un procédé industriel, ce qui fait que nous nous contenterons de le citer ici pour mémoire.

Pour compléter cet article, voyez les mots MARTEAU, LAMINOIR, en ce qui concerne les moyens mécaniques employés pour changer la structure des métaux, FONDERIE, en ce qui regarde les moyens d'arriver au même but par le moulage, MACHINES SOUFFLANTES, comme annexe des fourneaux à tuyères, et HYDRAULIQUE et MACHINES A VAPEUR, pour l'établissement des moteurs employés, soit dans les ateliers de préparation mécanique, soit dans les usines métallurgiques; enfin les divers procédés d'utilisation de la chaleur contenue dans les gaz qui s'échappent des foyers métallurgiques, ont été exposés avec détail dans les articles COMBUSTIBLES et FER. P. DEBETTE.

MÉTAUX (*angl.* metals, *all*, metallen). On donne le nom de métaux à des corps simples opaques, doués d'un éclat particulier, que l'on désigne par l'expression d'*éclat métallique*, généralement beaucoup plus lourds que l'eau, et qui ne forment pas de composés gazeux permanents avec l'oxygène. Un petit nombre de ces métaux sont employés dans les arts, soit par suite de leurs propriétés physiques et chimiques, soit à cause de leur plus ou moins d'abondance dans le règne minéral.

On trouve les métaux dans la nature sous l'un des états suivants, qui constituent les minerais métalliques :

1° A l'état *natif*. L'or, l'argent, le cuivre, le platine et les métaux qui l'accompagnent, et le fer météorique;

2° A l'état d'*oxydes*. Le chrôme, l'urane, le manganèse, le fer, le cuivre et l'étain;

3° A l'état de *sulfures*. Le manganèse, le fer, le nickel, le cobalt, le cuivre, l'antimoine, le zinc, le mercure, le plomb et l'argent. Le soufre y est souvent remplacé en tout ou en partie par l'arsenic ou l'antimoine (cuivre et argent, nickel et cobalt);

4° A l'état de *tellurures*. L'or et l'argent;

5° A l'état de *chlorures*. Le plomb et l'argent;

6° A l'état d'*oxy-sulfure*. L'antimoine et le cuivre;

7° A l'état d'*oxy-chlorure*. Le cuivre;

8° A l'état d'*hydrate d'oxyde*. L'urane, le manganèse et le fer;

9° A l'état de *carbonates*. Le fer, le cuivre, le zinc et le plomb;

10° A l'état de *phosphate* et d'*arséniate*. Le plomb.

Nous terminerons ce que nous avons à dire sur les métaux, en résumant dans le tableau suivant la valeur annuelle créée par leur exploitation :

DÉSIGNATION des MÉTAUX OU DE LEUR COMPOSITION.	PRODUCTION ANNUELLE. Poids en quintaux métriques.	Valeur du quintal métr. en fr.	Valeur totale.	Ordre d'importance.
Antimoine	5.681	200	1.136.200	10
Argent	12.466,4	22.000	274.260.800	2
Bismuth	45	400	18.000	14
Cadmium	»	3.000	»	16
Chrôme	»	»	»	17
Cobalt (bleu de)	»	»	»	13
Cuivre	357.410	250	89.352.500	11
Étain	75.630	210	15.882.300	6
Fer	18.072.950	40	722.918.000	1
Manganèse (oxyde de)	»	»	»	9
Mercure	13.500	1.200	16.2000.000	7
Nickel	»	»	»	12
Or	505	350.000	176.750.000	3
Platine	22,5	100.000	2.250.000	8
Plomb (Europe)	852.800	50	42.640.000	4
Urane	»	»	»	15
Zinc	208.000	90	18.720.000	5
TOTAL			1.360,127.800	

Digitized by Google

MINÉRALOGIE. La minéralogie, qui comprend l'étude et la description des *minéraux* ou corps que l'on rencontre dans le règne animal, et la GÉOLOGIE, qui s'occupe de leur gisement, c'est-à-dire de leur manière d'être dans le sein de la terre, sont deux sciences dont la connaissance est indispensable à ceux qui veulent s'occuper d'exploitation de mines, ou d'une quelconque des branches si étendues de l'industrie qui repose sur la mise en œuvre et le traitement des matières minérales que nous fournit l'écorce terrestre. Il n'entre pas dans notre cadre de faire ici un traité de minéralogie ; nous ne pouvons que donner ici les principes généraux de cette science, en renvoyant pour la description sommaire des principaux minéraux à l'article de chaque métal, et aux mots ARGILE, CALCAIRE, COMBUSTIBLE, GEMMES, HOUILLE, QUARZ, etc. Nous recommanderons seulement à ceux de nos lecteurs qui voudraient acquérir une connaissance plus approfondie de cette science, l'excellent traité de minéralogie que vient de publier M. Dufrénoy, et qui joint à l'avantage de résumer l'état actuel de la minéralogie, celui de renfermer des indications précises sur le mode de gisement des minéraux, point de vue de la plus haute importance pour l'industrie, et jusqu'alors trop négligé par les savants qui ont écrit sur cette matière.

La marche que l'on suit dans l'étude de la minéralogie est analogue à celle adoptée dans les autres branches de l'histoire naturelle. On réunit les minéraux en groupes que l'on divise en classes ou familles, qui se subdivisent successivement en genres, en espèces et en variétés. L'espèce, en minéralogie, est formée de la réunion d'un certain nombre d'individus liés entre eux par une composition chimique identique ; les variétés, souvent d'aspect et de propriétés très différentes, le doivent à un mode d'agrégation moléculaire différent ; ainsi, le spath d'Islande, le marbre statuaire, les marbres communs, les pierres à chaux et la craie, sont des variétés d'une même espèce que la chaux carbonatée, et se composent tous d'acide carbonique et de chaux dans les mêmes proportions. Cet exemple montre qu'il faut étudier les minéraux sous deux rapports distincts, physiquement et chimiquement.

Parmi les *caractères physiques*, les uns sont appréciables à la simple vue, ce sont les *caractères extérieurs* ; d'autres, exigent la considération des formes géométriques, ce sont les *caractères cristallographiques* ; quelques uns, enfin, ne peuvent se constater que par certaines expériences de physique, ce sont les *caractères physiques* proprement dits.

Les *caractères chimiques* sont tous fondés sur la recherche de la composition plus ou moins exacte des minéraux. Nous allons exposer aussi brièvement que possible ces quatre classes de caractères.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS.

Les caractères extérieurs des minerais sont :

1° *L'état d'agrégation.* Les minéraux sont liquides, solides ou friables. Lorsqu'ils sont liquides, ils sont fluides (mercure) ou visqueux (bitume) ;

2° *La couleur.* La couleur est propre au minéral et constante, ou accidentelle par mélange. Dans quelques cas, elle est irisée ou chatoyante ;

3° *La forme.* Les formes géométriques constituent les caractères cristallographiques dont nous nous occuperons plus loin. Les autres formes sont imitatives (en grains, coralliforme, etc), pseudo-morphiques (par remplacement, bois pétrifié, etc.), pseudo-régulières (en masses prismatiques provenant de fissures dues à un retrait, basaltes, etc.) ou communes, c'est à-dire sans forme déterminée ; dans ce dernier cas on dit que le minéral peut être en masse, en fragments anguleux ou amorphes ;

4° *L'éclat.* L'éclat que présentent les minéraux est vitreux, cireux, soyeux, nacré, adamantin, métalloïde ou demi-métallique et métallique ;

5° *La transparence.* Les minerais peuvent être diaphanes ou transparents, translucides ou opaques ;

6° *La cassure.* La cassure est lamelleuse, lamellaire, grenue, fibreuse, rayonnée, schisteuse et composte.

La cassure lamelleuse n'a lieu que pour les minéraux cristallisés ; il importe alors de constater si on peut les diviser en lames dans plusieurs sens, c'est-à dire s'il y a un ou plusieurs *clivages*, et leur facilité relative.

7° *Dureté.* C'est un caractère très important qui s'apprécie par la résistance qu'un corps oppose à être rayé par un autre, et qui est essentiellement lié à la composit on chimique ; on l'apprécie en prenant pour termes de comparaison les dix substances suivantes :

1. — Talc.	6. — Feldspath.
2. — Gypse.	7. — Quarz.
3. — Spath d'Islande.	8. — Topaze.
4. — Chaux fluatée.	9. — Corindon.
5. — Chaux phosphatée.	10. — Diamant.

8° *La raclure.* L'essai de la dureté donne une rayure et une poussière dont l'examen est caractéristique pour les minéraux qui ont une couleur propre ;

9° *La ténacité, la tachure, l'onctuosité, la flexibilité, la ductilité, la saveur, le happement à la langue, l'odeur, le froid, le son et la pesanteur,* sont des caractères qui n'appartiennent qu'à un très petit nombre de minéraux, et qui, par cela même, deviennent pour ceux qui les possèdent un moyen facile de distinction.

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES.

Un grand nombre de minéraux se présentent dans la nature sous la forme de polyèdres ou cristaux, qui sont assujettis aux lois ci-dessous :

1° Ces polyèdres sont terminés par des faces planes ;

2° Ces faces sont ordonnées symétriquement, soit toutes ensemble, soit par parties, par rapport à une ou plusieurs lignes qu'on appelle axes ;

3° Dans la plupart des cristaux les faces sont parallèles deux à deux ;

4° Enfin les angles des cristaux sont toujours saillants et jamais rentrants.

Ces lois, qui sont générales, présentent quelquefois, cependant, des anomalies apparentes, mais le plus léger examen en montre immédiatement la cause. Ainsi certains minéraux, tels que l'oxyde d'étain, le feldspath, etc., présentent souvent un angle rentrant dû au croisement symétrique de deux cristaux ; on dit alors que ceux-ci sont maclés ou qu'ils présentent une *hémitropie* : le plan de jonction des deux cristaux est ordinairement parallèle à ceux des faces du cristal simple, ou à un de ses plans diagonaux.

Nous avons déja fait remarquer que beaucoup de minéraux cristallisés possèdent un ou plusieurs clivages, c'est-à-dire qu'ils peuvent se diviser en lames suivant une ou plusieurs directions ; ces clivages sont soumis aux lois suivantes :

1° Dans un même minéral les clivages sont toujours semblablement disposés ; ils forment des angles constants entre eux, ainsi qu'avec les faces du cristal ;

2° Quand il existe trois directions de lames, ces directions constituent par leur réunion un solide de clivage qui a constamment les mêmes angles pour une même espèce, et la détermine d'une manière précise ;

3° Dans une même substance, et quelque soit le nombre des clivages, ceux-ci sont ordinairement constants dans leur degré de netteté, et cette netteté est elle-même en rapport avec la nature des faces auxquels ils correspondent.

Le célèbre *Haüy*, qui mérite à juste titre d'être regardé comme le fondateur de la minéralogie, ayant remarqué que tous les cristaux si variés que présente une même espèce minérale clivable, admettaient les

Digitized by Google

mêmes clivages, fut conduit à penser qu'il devait exister une relation intime entre les formes de ces cristaux et le solide de clivage, et il a effectivement reconnu qu'on pouvait les faire dériver d'une manière simple de ce noyau intérieur. Étendant cette idée à tous les minerais cristallisés, il a également reconnu que l'on pouvait toujours y supposer l'existence d'un noyau intérieur sur lequel les faces des cristaux sont placées d'une manière symétrique ; il a donné le nom de *forme primitive* à ce noyau intérieur, souvent hypothétique, quelquefois même différent du solide de clivage, et celui de *formes secondaires* aux cristaux qui en dérivent; enfin, il a désigné par l'expression de *système cristallin*, l'ensemble des lois au moyen desquelles les formes secondaires dérivent de la forme primitive.

La première de ces lois, qui constitue la *loi de symétrie*, consiste, en ce que s'il existe une modification ou face secondaire sur une partie quelconque d'un cristal ; la même modification doit se représenter sur toutes les parties semblables et semblablement placées du cristal.

Lorsque les plans de ces nouvelles faces sont également inclinés sur les angles, ou sur les arêtes, sur lesquels les modifications ont lieu, on dit que ces modifications sont tangentes à ces angles ou à ces arêtes.

Certains cristaux échappent à la loi de symétrie, les faces qui les forment n'ont plus leurs parallèles, et on ne peut les concevoir qu'en supposant la suppression de la moitié des modifications qui leur ont donné naissance : on les désigne sous le nom de cristaux *hémièdres*.

Les formes primitives peuvent toujours rentrer dans l'un des six *types cristallins* suivants :

1° Le cube ;
2° Le prisme droit à base carrée ;
3° Le prisme droit à base rectangle ;
4° Le rhomboèdre ;
5° Le prisme rhomboïdal oblique ;
6° Le prisme oblique non symétrique.

1° *Cube*. Dans le cube les angles, les arêtes et les faces présentent une symétrie complète qui doit se reproduire également dans les modifications qui mènent aux formes dérivées. Ainsi le cube a huit angles et douze arêtes.

Des modifications tangentes sur les angles mènent à l'octaèdre régulier.

Des modifications tangentes sur les arêtes donnent le dodécaèdre.

Des modifications non tangentes seront triples sur les angles, et doubles sur les arêtes ; elles donneront naissance, dans chaque cas, à des solides à vingt-quatre faces.

Les principaux cristaux hémièdres du premier type cristallin sont :

Le tétraèdre régulier, hémièdre de l'octaèdre régulier ; et le dodécaèdre rhomboïdal, solide à douze faces pentagones, hémièdre des solides à vingt-quatre faces ;

2° *Prisme droit à base carrée*. Dans le prisme droit à base carrée il y a huit angles égaux et semblablement placés, et deux sortes d'arêtes, huit horizontales et quatre verticales.

Les modifications sur les angles, ainsi que celles sur les arêtes de la base, donnent des octaèdres à base carrée; les modifications sur les arêtes verticales reproduisent un prisme droit à base carrée, et à huit faces quand les modifications ne sont pas tangentes. La combinaison de ces formes donne des prismes droits à base carrée ou octogone avec pointements à quatre ou huit faces.

L'octaèdre à base carrée présente une hémiédrie, le tétraèdre symétrique, dans le cuivre pyriteux.

3° *Prisme droit à base rectangle*. Dans le prisme droit à base rectangle il y a huit angles trièdres égaux et semblablement placés, et trois sortes d'arêtes, savoir : quatre arêtes verticales, et huit arêtes horizontales dont quatre longues et quatre courtes.

Les modifications sur les angles donnent des octaèdres à base rhombe ; les modifications sur les arêtes de la base donnent lieu tantôt à des biseaux, tantôt à des octaèdres à base rectangulaire; des modifications sur les arêtes verticales donnent des prismes rhomboïdaux droits, dont la combinaison avec le prisme droit à base rectangle donne des prismes à six ou huit faces.

4° *Rhomboèdres*. Dans les trois premiers types cristallins, il y a trois axes de figure rectangulaires, tous trois égaux dans le premier, dont deux seulement sont égaux dans le second, et qui sont tous les trois inégaux dans le troisième. Ces axes sont obliques, égaux entre eux et également inclinés dans le rhomboedre, qui est un prisme oblique dont toutes les faces sont des rhombes égaux. Il s'ensuit que les éléments dont se compose le rhomboèdre sont deux angles sommets, six angles latéraux, six arêtes culminantes, trois pour chaque sommet, et six arêtes latérales : un plan mené par le milieu de la ligne qui joint les deux sommets et perpendiculairement à cette ligne coupera le rhomboèdre suivant un hexagone régulier.

Des modifications tangentes sur les six arêtes culminantes donneront des rhomboèdres; des modifications inégalement inclinées seront doubles et donneront lieu généralement à des *métastatiques*, dodécaèdres à triangles scalènes, et comme cas particulier à des dodécaèdres à triangles isocèles.

Des modifications tangentes sur les six arêtes latérales, donneront des prismes hexaèdres réguliers ; et des modifications inégalement inclinées, des métastatiques.

Des modifications tangentes sur les angles sommets, donneront les bases des prismes à six faces ; des modifications inégalement inclinées seront triples, et donneront des rhomboèdres.

Des modifications tangentes sur les angles latéraux donneront des prismes à six faces réguliers ; des modifications inégalement inclinées peuvent être suivant leur position simples ou doubles : dans le dernier cas, elles donnent des métastatiques, dans le premier, des rhomboèdres qui, se combinent quelquefois avec le rhomboèdre primitif pour donner naissance à des dodécaèdres à triangles isocèles.

Ces diverses formes se combinent presque toujours ensemble pour donner des cristaux composés de forme très variée.

5° *Prisme rhomboïdal oblique*. Dans ce type cristallin deux des axes sont égaux et également inclinés sur le troisième. Il en résulte qu'il y a trois sortes d'angles, savoir : deux couples d'angles égaux et semblablement placés, dont les sommets sont deux à deux dans le plan diagonal perpendiculaire à la base, et quatre angles semblables dont les sommets sont situés dans l'autre plan diagonal; et quatre sortes d'arêtes, savoir : deux sortes d'arêtes verticales opposées deux à deux, et deux sortes d'arêtes horizontales parallèles quatre à quatre.

Des modifications sur les angles, les remplacent par une ou deux faces et donnent naissance, dans tous les cas, à des biseaux. Des modifications sur les arêtes verticales donnent naissance à des prismes à quatre, six ou huit faces. Des modifications sur les arêtes de la base donnent des biseaux, qui donnent souvent, en se combinant avec la base ou entre eux, des pointements à trois ou à quatre faces.

6° *Prisme oblique non symétrique*. Lorsque les trois axes obliques sont inégaux, il n'existe plus de symétrie dans le cristal, qui se présente sous la forme d'un prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle. Les angles solides non opposés sont formés d'angles plans différents; les arêtes verticales sont de deux

Digitized by Google

espèces, et les arêtes de la base sont toutes dissemblables. Il y a donc, dans ce type cristallin, dix éléments différents, savoir : 4 espèces d'angles et 6 espèces d'arêtes.

De ce défaut de symétrie, il résulte que les modifications se réduisent à de simples troncatures, qui se reproduisent deux par deux sur les arêtes ou les angles opposés.

Détermination de la forme primitive et des formes secondaires. La forme primitive est donnée par les angles et par les dimensions de ses axes. Ces quantités sont complétement déterminées dans le premier type cristallin : pour le rhomboèdre, il suffit de déterminer l'angle que font entre eux les axes; pour le prisme droit à base carrée et le prisme droit à base rectangle, les dimensions des axes; pour le prisme oblique rhomboïdal et le prisme oblique non symétrique, les dimensions des axes et leurs inclinaisons respectives. Des angles que forment les axes entre eux, on peut déduire aisément, par les formules de la trigonométrie sphérique, les angles dièdres formés par les faces de la forme primitive, qui leur sont parallèles, et qui constituent les angles dièdres d'angles solides trièdres, dont les angles plans sont précisément ceux que les axes forment entre eux.

Les modifications sur les arêtes de la forme primitive de chaque type cristallin sont parallèles à l'un des axes, et coupent les deux autres; celles sur les angles coupent les trois axes. Dans les deux cas, ayant mesuré les angles formés par les faces secondaires avec les faces primitives, on peut calculer, par la trigonométrie, les distances relatives auxquelles elles coupent ces axes. L'expérience a démontré que, en supposant que ces faces passent par l'extrémité de l'un des axes, elles couperont les autres à des distances qui seront dans des rapports simples avec les longueurs de ces axes : cette loi constitue, avec la loi de symétrie, les lois fondamentales de la dérivation des formes secondaires.

Réciproquement l'observation des faces secondaires et, par suite, le calcul des distances relatives auxquelles elles coupent les axes, donnent le moyen de déterminer les dimensions de la forme primitive, qui sont soumises à satisfaire à la loi énoncée ci-dessus.

Goniomètres. La détermination de la forme primitive et de ses dimensions, ainsi que celle de la loi de dérivation des faces secondaires, repose sur la mesure des angles dièdres que les faces des cristaux font entre elles; les instruments qui servent à mesurer ces angles ont reçu le nom de goniomètres. Ils se divisent en deux classes, les goniomètres d'application et les goniomètres à réflexion. Le plus simple et le plus employé des goniomètres d'application se compose d'un demi-cercle gradué, sur lequel sont fixées deux lames servant d'alidades, l'une fixe formant le diamètre de l'instrument et en marquant le zéro, l'autre mobile autour du centre et servant à mesurer l'angle dont on veut déterminer la valeur. L'opération consiste à amener l'une des deux faces du cristal comprenant l'angle cherché sur l'alidade fixe, et à faire mouvoir l'alidade mobile jusqu'à ce qu'elle s'applique exactement sur l'autre face.

Les goniomètres à réflexion donnent les angles avec beaucoup plus d'exactitude que les goniomètres d'application; mais ils ne peuvent être employés que pour des cristaux, dont les faces sont très nettes et susceptibles de faire miroir. Ils consistent en un cercle divisé vertical ou horizontal mobile, dans l'axe duquel on place l'arête de jonction des deux faces dont on veut mesurer l'angle dièdre. On fait ensuite tourner le cercle divisé sur son axe, de manière à voir successivement par réflexion, sur chacune des faces, une ligne éloignée parallèle à cet axe; l'observation se fait, soit à l'œil nu, soit au moyen d'une lunette fixe; l'angle de rotation du cercle est le supplément de l'angle dièdre cherché.

Anomalies aux lois de la cristallisation. L'étude des formes des cristaux avait conduit Haüy à poser en principe :

1° Que, lorsque des minéraux ont une composition chimique identique, ils possèdent toujours un même système cristallin, et les valeurs des angles de la forme primitive sont les mêmes;

2° Que, lorsque des minéraux diffèrent dans leur composition chimique, leur cristallisation est différente, et, dans le cas où ces minéraux possèdent un système cristallin analogue, leurs formes primitives admettent des angles différents.

Ces deux principes sont aujourd'hui trop absolus. M. Mitscherlich a montré que certaines substances pouvaient se remplacer les unes les autres en toutes proportions sans altérer la forme; découverte importante d'où est née la belle théorie de l'*isomorphisme*. Il a également fait voir qu'il existe un petit nombre de corps *dimorphes* (10 à 12 seulement), c'est-à-dire qui présentent des formes incompatibles, appartenant à des types cristallins différents : ce n'est donc qu'une exception extrêmement rare. Quant aux corps isomorphes, il suffit de regarder, comme ayant la même composition, les minéraux qui ne diffèrent que par la substitution d'une partie de leurs éléments par leurs isomorphes.

Les angles rentrants, qui proviennent de l'*hémitropie* ou du croisement des cristaux, ne sont, comme nous l'avons vu, que des anomalies apparentes de la loi de symétrie.

Certains cristaux présentent une *dissymétrie* réelle; elle est complète, et produit généralement des cristaux hémièdres complets dans les deux premiers types cristallins; dans tous les autres cas, elle paraît en relation intime avec les propriétés pyro-électriques que présentent alors ces cristaux.

CARACTÈRES PHYSIQUES.

Ces caractères sont au nombre de six, savoir :
La densité ou pesanteur spécifique;
L'électricité;
Le magnétisme;
La double réfraction;
L'élasticité;
Et la dilatation.

1° *Pesanteur spécifique.* La pesanteur spécifique des minéraux est un caractère très important, et qui est très souvent consulté. On la détermine par les procédés que nous avons décrits au mot DENSITÉ.

2° *Électricité.* Tantôt les minéraux sont susceptibles d'acquérir directement les propriétés électriques, soit par le frottement, soit par l'action de la chaleur ou du contact; tantôt il est nécessaire qu'ils soient pour cela isolés; enfin, l'électricité qui se développe est tantôt positive, tantôt négative.

Parmi les minéraux électriqués par la chaleur ou pyro-électriques, quelques-uns ont des pôles, c'est-à-dire que l'une de leurs extrémités présente de l'électricité positive pendant que l'autre extrémité est électrisée négativement. Il est à remarquer que cette propriété est en rapport avec la cristallisation, comme nous l'avons fait remarquer plus haut, en parlant des anomalies aux lois de symétrie. L'un des pôles est modifié d'une certaine façon, et l'autre pôle porte un autre genre de modification. Nous citerons pour exemple la tourmaline; l'électricité s'y développe avec énergie par l'action de la chaleur, et la nature des pôles est facile à observer. Ceux-ci changent de place lors du refroidissement; en outre, lorsqu'on casse les cristaux, leurs fragments deviennent, sous le rapport électrique, chacun un cristal complet; de sorte que, placés les uns à côté des autres, ils présentent des pôles différents.

Digitized by Google

Quelques corps, comme la chaux fluatée, deviennent phosphorescents par le frottement ou par l'action de la chaleur; mais ce phénomène, présentant une intensité très variable, suivant les échantillons, est un caractère de peu d'importance.

3° *Magnétisme.* La propriété d'agir sur le barreau aimanté est caractéristique du fer oxydulé.

4° *Double réfraction.* Les cristaux du premier type cristallin ne possèdent pas la double réfraction; les cristaux, qui dérivent du prisme droit à base carrée et du rhomboèdre, jouissent de la double réfraction à un axe; les cristaux, qui dérivent du prisme droit rectangulaire, du prisme rhomboïdal oblique et du prisme oblique non symétrique, possèdent la double réfraction à deux axes. Dans les cristaux qui jouissent de la double réfraction, on donne le nom d'axes aux directions suivant lesquelles il n'y a pas de double réfraction, c'est-à-dire suivant lesquelles les rayons ordinaire et extraordinaire se confondent. Ces propriétés servent souvent de guides précieux pour reconnaître le type cristallin d'une substance minérale imparfaitement cristallisée.

Lorsqu'un rayon lumineux tombe, sous un angle de 35° 25', sur une glace polie et non étamée, au lieu de la traverser il se réfléchit en faisant un angle de réfraction égale à l'angle d'incidence; si maintenant on le reçoit dans un point quelconque de son trajet sur une autre glace également polie et non étamée, il y subira, en général, une seconde réflexion partielle, mais cette réflexion deviendra nulle, c'est-à-dire que la lumière s'éteindra complétement, si la seconde glace est parallèle à la première : on dit alors que la lumière est complétement polarisée.

La tourmaline jouit de la propriété d'éteindre complétement la lumiere polarisée. Cette propriété est fréquemment employée pour reconnaître si une substance jouit de la double réfraction et si cette double réfraction est à un ou deux axes. Lorsqu'on prend deux plaques de tourmaline taillées parallélement à l'axe, et qu'on les place l'une sur l'autre dans leur position naturelle, comme cette substance est diaphane, les plaques laissent passer la lumière; mais si on les place à angle droit, l'espace compris entre les deux plaques devient complétement obscur. Si maintenant on interpose entre les deux plaques de tourmaline un cristal jouissant de la double refraction, le rayon polarisé, en traversant ce cristal, sera dévié de sa route, il ne sera plus dans la position convenable pour être polarisé par la seconde plaque; la lumière sera donc rétablie, et la partie qui était obscure redeviendra transparente. En outre, dans les substances bi-réfringentes à un axe, la partie devenue claire présentera une série d'anneaux colorés traversés généralement par une croix noire, qui s'épanouit à ses extrémités sous la forme d'un pinceau, tandis que pour les substances à deux axes les anneaux colorés sont seulement traversés par une barre noire.

5° *Elasticité.* Ce caractère n'est développé à un haut degré que dans très peu de minéraux.

6° *Dilatation.* La dilatation n'est pas la même dans tous les sens dans tous les corps cristallisés, et est en relation avec leur système cristallin; c'est un caractère difficile à apprécier et de très peu d'importance.

CARACTÈRES CHIMIQUES.

Les minéraux cristallisés peuvent presque toujours être déterminés par le seul examen de la forme; mais lorsqu'ils sont à l'état compacte, il est souvent nécessaire d'avoir recours aux caractères chimiques pour en reconnaître la nature. L'étude de ces caractères ne consiste en minéralogie que dans des épreuves promptes et faciles qui donnent des indications sur la nature des éléments constitutifs des minéraux, sans en faire connaître exactement les proportions.

Sans compter l'*analyse mécanique*, qui consiste à réduire un minéral, cristallin ou grenu, en poussière grossière, et à en isoler les diverses parties, soit par le triage à la main, soit par le lavage, on a recours, en minéralogie, à quatre genres d'épreuves, savoir : la solubilité dans l'eau, l'action des acides, celle des alcalis, et les essais par voie sèche.

1° *Solubilité dans l'eau.* N'existe que pour un très petit nombre de corps, pour lesquels c'est un caractère très saillant, surtout si l'on observe en même temps le goût qui est propre à chaque sel et le caractérise presque toujours.

2° *Action des acides.* Quand on traite un minéral par les acides, on distingue :

S'il est soluble ou non dans les acides;

S'il s'y dissout avec ou sans effervescence;

S'il se dissout entièrement ou s'il laisse un résidu pierreux ou gélatineux. Dans le premier cas, l'action des acides peut être lente ou rapide, et la dissolution, incolore ou colorée; cette couleur est caractéristique pour tous les métaux dont les solutions ont une couleur propre.

Tantôt l'effervescence est produite par des vapeurs nitreuses rutilantes, résultant d'une suroxydation par l'emploi de l'acide nitrique; tantôt elle est due à un dégagement d'acide carbonique incolore, et provient de carbonates : dans ce cas, elle est vive et lente.

Le résidu qui reste après l'attaque par les acides provient généralement d'un mélange; dans les pierres à chaux, par exemple, il sert à apprécier leur degré d'hydraulicité. Lorsque ce résidu est gélatineux, c'est de la silice, et le minéral est un silicate ou un hydrosilicate.

3° *Action des alcalis.* Peu employée. On se sert quelquefois d'une dissolution de potasse caustique pour dissoudre la silice gélatineuse, et de l'ammoniaque pour enlever le chlorure d'argent, et pour reconnaître les minerais de cuivre et de nickel, en se fondant sur cette propriété que les oxydes de ces métaux sont solubles dans ce réactif et donnent une liqueur bleue.

4° *Essais par voie sèche.* Ces essais sont de deux sortes :

1° On calcine, ou on grille, les minéraux, pour reconnaître s'ils renferment une substance volatile;

2° On cherche s'ils sont fusibles ou non.

La calcination s'opère dans des tubes fermés ou *matras*; le grillage, dans des tubes ouverts par les deux bouts, en chauffant ces tubes graduellement sur des charbons ou mieux sur une lampe à esprit de vin.

Quelques minéraux (argent sulfuré...) sont fusibles à la simple flamme d'une bougie; mais, en général, il faut les soumettre à une température plus élevée, que l'on produit en dirigeant un courant d'air vif sur la flamme de la bougie, au moyen d'un chalumeau, tube de métal recourbé et effilé à un bout, avec réservoir interposé destiné à condenser l'humidité. La pointe extrême du dard de flamme produit par le chalumeau est éminemment oxydante, la partie blanche et brillante de la flamme, où la combustion est incomplète, jouit au contraire de propriétés réductives.

On essaie ainsi d'abord si le minéral est fusible ou non au chalumeau; lorsqu'il est fusible, si le produit de la fusion est un verre transparent, un émail ou une scorie, s'il est opaque ou transparent, coloré ou non. Tantôt la fusion a lieu avec boursouflement, comme pour la plupart des hydrates, quelques minéraux qui contiennent de l'acide borique, etc.; tantôt les minéraux éprouvent, avant de se fondre, une espèce de grillage, et donnent lieu à une odeur particulière, ou à des fumées, comme les matières arsenicales.

On facilite la fusion des minéraux en ajoutant certains fondants, et on obtient ainsi des émaux ou des verres dont la couleur indique la nature de la substance. Pour rendre sensibles les teintes propres aux oxydes

Digitized by Google

métalliques que contiennent les minéraux soumis à l'essai, on emploie successivement les pouvoirs réductif et oxydant du dard du chalumeau, ou bien on y ajoute des fondants qui jouent en même temps le rôle d'agents de réduction ou d'oxydation. Les fondants que l'on emploie comme fondants seulement, sont le borax, et le sel de phosphore, ou phosphate double de soude et d'ammoniaque ; ce dernier est surtout employé pour reconnaître les silicates ; par lui, la silice est mise en liberté, et apparaît dans le sel de phosphore liquéfié sous l forme d'une masse gélatineuse. La soude et le carbonate de soude sont très employés comme agents à la fois fondants et réductifs. On emploie quelquefois le nitre comme agent oxydant.

Pour faire l'essai, on réduit le minéral en poudre fine, que l'on mélange, s'il y a lieu, avec le fondant, puis on prend un fil de platine que l'on recourbe en forme de crochet à un bout, et qu'on plonge dans la poudre ci-dessus après l'avoir humecté avec la langue. On le soumet ensuite à l'action du dard du chalumeau, de manière à le fondre et à obtenir une goutte ou globule vitreux, qui se fige et s'arrête dans la courbure du fil de platine. L'emploi d'un support de charbon est à présent à peu près complétement abandonné.

Nous ne pouvons, sans sortir du cadre de ce Dictionnaire, entrer dans des détails particuliers sur les caractères propres à chaque minéral ; nous renverrons pour les minéraux qui ont une valeur industrielle au nom de chacun d'eux, et aux traités spéciaux de minéralogie.

P. DEBETTE.

MINES (*administration*). En Angleterre les mines font partie de la propriété de la surface, mais en France et sur tout le continent, elles constituent, dans certains cas, une propriété nouvelle, tout à fait indépendante de celle de la surface, et dont l'exploitation ne peut avoir lieu qu'en vertu d'un acte émané du gouvernement et qui s'accorde à ceux qui réunissent certaines conditions, propriétaires ou non de la surface. Nous ne saurions mieux faire, à cet égard, que de donner ici le texte de la loi du 21 avril 1810, qui renferme toute la législation des mines en France.

Loi du 21 avril 1810 sur les mines.

TITRE PREMIER.

DES MINES, MINERAIS ET CARRIÈRES.

Art. 1er. Les masses de substances minérales ou fossiles renfermées dans le sein de la terre, ou existantes à la surface, sont classées, relativement aux règles de l'exploitation de chacune d'elles, sous les trois qualifications des mines, minières et carrières.

Art. 2. Seront considérées comme mines celles connues pour contenir en filons, en couches ou amas, de l'or, de l'argent, du platine, du mercure, du plomb, du fer en filons ou couches, du cuivre, de l'étain, du zinc, de la calamine, du bismuth, du cobalt, de l'arsenic, du manganèse, de l'antimoine, du molybdène, de la plombagine ou autres matières métalliques, du soufre, du charbon de terre ou de pierre, du bois fossile, des bitumes, de l'alun et des sulfates à base métallique.

Art. 2. Les minières comprennent les minerais de fer dits d'alluvion, les terres pyriteuses propres à être converties en sulfate de fer, les terres alumineuses et les tourbes.

Art. 4. Les carrières renfermant les ardoises, les grès, pierres à bâtir et autres, les marbres, granits, pierres à chaux, pierres à plâtre, les pouzzolanes, les trass, les basaltes, les laves, les marnes, craies, sables, pierres à fusil, argiles, kaolins, terres à foulon, terres à potasse, les substances terreuses et les cailloux de toute nature, les terres pyriteuses regardées comme engrais, le tout exploité à ciel ouvert ou avec des galeries souterraines.

TITRE II.

DE LA PROPRIÉTÉ DES MINES.

Art. 5. Les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession délibéré en conseil d'État.

Art. 6. Cet acte règle les droits des propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées.

Art. 7. Il donne la propriété perpétuelle de la mine, laquelle est dès lors disponible et transmissible comme tous autres biens, et dont on ne peut être exproprié que dans les cas et selon les formes prescrites pour les autres propriétés, conformément au Code civil et au Code de procédure civile. Toutefois, une mine ne peut être vendue par lots ou partagée, sans une autorisation préalable du gouvernement, donnée dans les mêmes termes que la concession.

Art. 8. Les mines sont immeubles.

Sont aussi immeubles, les bâtiments, machines, puits, galeries et autres travaux établis à demeure, conformément à l'art. 524 du Code civil.

Sont aussi immeubles, par destination, les chevaux, agrès, outils et ustensiles servant à l'exploitation.

Ne sont considérés comme chevaux attachés à l'exploitation, que ceux qui sont exclusivement attachés aux travaux intérieurs des mines.

Néanmoins les actions ou intérêts dans une société ou entreprise pour l'exploitation des mines, seront réputés meubles, conformément à l'article 529 du Code civil.

Art. 9. Sont meubles, les matières extraites, les approvisionnements et autres objets mobiliers.

TITRE III.

DES ACTES QUI PRÉCÈDENT LA DEMANDE EN CONCESSION DE MINES.

SECTION Ire. — *De la recherche et de la découverte des mines.*

Art. 10. Nul ne peut faire des recherches pour découvrir des mines, enfoncer des sondes ou tarières sur un terrain qui ne lui appartient pas, que du consentement du propriétaire de la surface, ou avec l'autorisation du gouvernement, donnée après avoir consulté l'administration des mines, à la charge d'une indemnité préalable envers le propriétaire, et après qu'il aura été entendu.

Art. 11. Nulle permission de recherches, ni concession de mines ne pourra, sans le consentement formel du propriétaire de la surface, donner le droit de faire des sondes et d'ouvrir des puits ou galeries, ni celui d'établir des machines ou magasins dans les enclos murés, cours ou jardins, ni dans les terrains attenant aux habitations ou clôtures murées, dans la distance de cent mètres desdites clôtures ou habitations.

Art. 12. Le propriétaire pourra faire des recherches, sans formalité préalable, dans les lieux réservés par le précédent article, comme dans les autres parties de sa propriété ; mais il sera obligé d'obtenir une concession avant d'y établir une exploitation. Dans aucun cas, les recherches ne pourront être autorisées dans un terrain déjà concédé.

SECTION II. — *De la préférence à accorder pour les concessions.*

Art. 13. Tout Français, ou tout étranger naturalisé ou non en France, agissant isolément ou en société, a le droit de demander et peut obtenir, s'il y a lieu, une concession de mines.

Art. 14. L'individu ou la société doit justifier des facultés nécessaires pour entreprendre et conduire les travaux, et des moyens de satisfaire aux redevances, indemnités, qui lui seront imposées par suite de concession.

Art. 15. Il doit aussi, le cas arrivant de travaux à

Digitized by Google

faire sous des maisons ou lieux d'habitations, sous d'autres exploitations ou dans leur voisinage immédiat, donner caution de payer toute indémnité, en cas d'accident ; les demandes ou oppositions des intéressés seront, en ce cas, portées devant nos tribunaux et cours.

Art. 16. Le gouvernement juge des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs en concession, qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres.

En cas que l'inventeur n'obtienne pas la concession d'une mine, il aura droit à une indemnité de la part du concessionnaire ; elle sera réglée par l'acte de concession.

Art. 17. L'acte de concession, fait après l'accomplissement des formalités prescrites, purge, en faveur du concessionnaire, tous les droits des propriétaires de la surface et des inventeurs, ou de leurs ayants droit, chacun dans leur ordre, après qu'ils ont été entendus ou appelés légalement, ainsi qu'il sera ci-après réglé.

Art. 18. La valeur des droits resultant en faveur du propriétaire de la surface, en vertu de l'art. 6 de la présente loi, demeurera réunie à la valeur de ladite surface, et sera affectée avec elle aux hypothèques prises par les créanciers du propriétaire.

Art. 19. Du moment où une mine sera concédée, même au propriétaire de la surface, cette propriété sera distinguée de celle de la surface, et désormais considérée comme propriété nouvelle, sur laquelle de nouvelles hypothèques pourront être assises, sans préjudice de celles qui auraient été ou seraient prises sur la surface et la redevance, comme il est dit à l'article précédent.

Si la concession est faite au propriétaire de la surface, ladite redevance sera attribuée pour l'exécution dudit article.

Art. 20. Une mine concédée pourra être affectée, par privilége, en faveur de ceux qui, par acte public et sans fraude, justifieraient avoir fourni des fonds pour les recherches de la mine, ainsi que pour les travaux de construction ou confection des machines nécessaires à son exploitation, à la charge de se conformer aux articles 2103 et autres du Code civil, relatifs aux priviléges.

Art. 21. Les autres droits de privilége et d'hypothèque pourront être acquis sur la propriété de la mine, aux termes et en conformité du Code civil, comme sur les autres propriétés immobilières.

TITRE IV.

DES CONCESSIONS.

SECTION Ire. — *De l'obtention des concessions.*

Art. 22. La demande en concession sera faite par voie de simple petition adressée au préfet, qui sera tenu de la faire enregistrer à sa date sur un registre particulier, et d'ordonner les publications et affiches dans les dix jours.

Art. 23. Les affiches auront lieu pendant quatre mois, dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement où la mine est située, dans le lieu du domicile du demandeur, et dans toutes les communes dans le territoire desquelles la concession peut s'étendre, elles seront insérées dans les journaux du département.

Art. 24. Les publications des demandes en concession de mines auront lieu devant la porte de la maison commune et des églises paroissiales et consistoriales, à la diligence des maires, à l'issue de l'office, un jour de dimanche, et au moins une fois par mois pendant la durée des affiches, les maires seront tenus de certifier ces publications.

Art. 25. Le secrétaire-général de la préfecture délivrera au requérant un extrait certifié de l'enregistrement de la demande en concession.

Art. 26. Les demandes en concurrence et les oppositions qui y seront formées seront admises devant le préfet jusqu'au dernier jour du quatrième mois, à compter de la date de l'affiche ; elles seront notifiées par actes extrajudiciaires à la préfecture du département, où elles seront enregistrées sur le registre indiqué à l'article 22. Les oppositions seront notifiées aux parties intéressées, et le registre sera ouvert à tous ceux qui en demanderont communication.

Art. 27. A l'expiration du délai des affiches et publications, et sur la preuve de l'accomplissement des formalités portées aux articles précédents, dans le mois qui suivra au plus tard, le préfet du département, sur l'avis de l'ingénieur des mines, et après avoir pris des informations sur les droits et les facultés des demandeurs, donnera son avis, et le transmettra au ministre des travaux publics.

Art. 28. Il sera définitivement statué sur la demande en concession, par une ordonnance royale délibérée en conseil d'état.

Jusqu'à l'émission de cette ordonnance, toute opposition sera admissible devant le ministre des travaux publics ou le secrétaire général du conseil d'état ; dans ce dernier cas, elle aura lieu par une requête signée et présentée par un avocat au conseil, comme il est pratiqué pour les affaires contentieuses ; et, dans tous les cas, elle sera notifiée aux parties intéressées.

Si l'opposition est motivée sur la propriété de la mine acquise par concession ou autrement, les parties seront renvoyées devant les tribunaux et cours.

Art. 29. L'étendue de la concession sera déterminée par l'acte de concession : elle sera limitée par des points fixes, pris à la surface du sol, et passant par des plans verticaux menés de cette surface dans l'intérieur de la terre à une profondeur indéfinie ; à moins que les circonstances et les localités nécessitent un autre mode de limitation.

Art. 30. Un plan régulier de la surface, en triple expédition, et sur une échelle de 10 millim. pour 100 mètres, sera annexé à la demande.

Ce plan devra être dressé ou vérifié par l'ingénieur des mines, et certifié par le préfet du département.

Art. 31. Plusieurs concessions pourront être réunies entre les mains du même concessionnaire, soit comme individu, soit comme représentant une compagnie, mais à la charge de tenir en activité l'exploitation de chaque concession.

SECTION II. — *Des obligations des propriétaires de mines.*

Art. 32. L'exploitation des mines n'est pas considérée comme un commerce et n'est pas sujette à patente.

Art. 33. Les propriétaires de mines sont tenus de payer à l'état une redevance fixe, et une redevance proportionnée au produit de l'extraction.

Art. 34. La redevance fixe sera annuelle, et réglée d'après l'étendue de la concession : elle sera de 10 fr. par kilomètre carré.

La redevance proportionnelle sera une contribution annuelle, à laquelle les mines seront assujetties sur leurs produits.

Art. 35. La redevance proportionnelle sera réglée chaque année, par le budget de l'état, comme les autres contributions publiques : toutefois elle ne pourra jamais s'élever au-dessus de 5 p. 100 du produit net. Il pourra être fait un abonnement pour ceux des propriétaires des mines qui le demanderont.

Art. 36. Il sera imposé en sus un décime par franc, lequel formera un fonds de non valeur, à la disposition du ministre des travaux publics, pour dégrèvement en faveur des propriétaires des mines qui éprouveront des pertes ou accidents.

Art. 37. La redevance proportionnelle sera imposée et perçue comme la contribution foncière.

Digitized by Google

Les réclamations à fin de dégrèvement ou de rappel à l'égalité proportionnelle seront jugées par les conseils de préfecture. Le dégrèvement sera de droit quand l'exploitant justifiera que sa redevance excède 5 p. 100 du produit net de son exploitation.

Art. 38. Le gouvernement accordera, s'il y a lieu, pour les exploitations qu'il en jugera susceptibles, et par un article de l'acte de concession ou par une ordonnance spéciale délibérée en conseil d'état pour les mines déjà concédées, la remise en tout ou partie du payement de la redevance proportionnelle, pour le temps qui sera jugé convenable ; et ce, comme encouragement, en raison de la difficulté des travaux : semblable remise pourra être aussi accordée, comme dédommagement, en cas d'accident de force majeure qui surviendrait pendant l'exploitation.

. . . . . .

Art. 42. Le droit attribué par l'article 6 de la présente loi aux propriétaires de la surface, sera réglé à une somme déterminée par l'acte de concession.

Art. 43. Les propriétaires de mines sont tenus de payer les indemnités dues aux propriétaires de la surface sur le terrain duquel ils établiront leurs travaux.

Si les travaux entrepris par les explorateurs ou par les propriétaires de mines ne sont que passagers, et si le sol où ils ont été faits peut être remis en culture au bout d'un an comme il l'était auparavant, l'indemnité sera réglée au double de ce qu'aurait produit net le terrain endommagé.

Art. 44. Lorsque l'occupation des terrains pour la recherche ou les travaux des mines prive les propriétaires du sol de la jouissance du revenu au-delà du temps d'une année ou, lorsqu'après les travaux, les terrains ne sont plus propres à la culture, on peut exiger des propriétaires des mines l'acquisition des terrains à l'usage de l'exploitation. Si le propriétaire de la surface le requiert, les pièces de terre trop endommagées, ou dégradées sur une trop grande partie de leur surface, devront être achetées en totalité par le propriétaire de la mine.

L'évaluation du prix sera faite, quant au mode, suivant les règles établies par la loi du 16 septembre 1807, sur le dessèchement des marais, etc., titre XI; mais le terrain à acquérir sera toujours estimé au double de la valeur qu'il avait avant l'exploitation de la mine.

Art. 45. Lorsque, par l'effet du voisinage ou pour toute autre cause, les travaux d'exploitation d'une mine occasionnent des dommages à l'exploitation d'une autre mine, à raison des eaux qui pénètrent dans cette dernière en plus grande quantité; lorsque, d'un autre côté, ces mêmes travaux produisent un effet contraire et tendent à évacuer tout ou partie des eaux d'une autre mine, il y aura lieu à indemnité d'une mine en faveur de l'autre; le règlement s'en fera par experts.

Art. 46. Toutes les questions d'indemnités à payer par les propriétaires de mines, à raison des recherches ou travaux antérieurs à l'acte de concession, seront décidées conformément à l'article 4 de la loi du 28 pluviôse an VIII.

TITRE V.

DE L'EXERCICE DE LA SURVEILLANCE SUR LES MINES PAR L'ADMINISTRATION.

Art. 47. Les ingénieurs des mines exerceront, sous les ordres du ministre des travaux publics et des préfets, une surveillance de police pour la conservation des édifices et la sûreté du sol.

Art. 48. Ils observeront la manière dont l'exploitation sera faite, soit pour éclairer les propriétaires sur ses inconvénients ou son amélioration, soit pour avertir l'administration des vices, abus ou dangers qui s'y trouveraient.

Art. 49. Si l'exploitation est restreinte ou suspendue de manière à inquiéter la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, les préfets, après avoir entendu les propriétaires, en rendront compte au ministre des travaux publics pour y être pourvu ainsi qu'il appartiendra.

Art. 50. Si l'exploitation compromet la sûreté publique, la conservation des puits, la solidité des travaux, la sûreté des ouvriers mineurs ou des habitations de la surface, il y sera pourvu par le préfet, ainsi qu'il est pratiqué en matière de grande voirie et selon les lois.

TITRE VI.

DES CONCESSIONS OU JOUISSANCES DES MINES, ANTÉRIEURES A LA PRÉSENTE LOI.

. . . . . .

TITRE VII.

RÈGLEMENTS SUR LA PROPRIÉTÉ ET L'EXPLOITATION DES MINIÈRES, ET SUR L'ÉTABLISSEMENT DES FORGES, FOURNEAUX ET USINES.

SECTION PREMIÈRE. — *Des minières.*

Art. 57. L'exploitation des minières est assujettie à des règles spéciales. Elle ne peut avoir lieu sans permission.

Art. 58. La permission détermine les limites de l'exploitation et les règles à observer sous les rapports de sûreté et de salubrité publiques.

SECTION II. — *De la propriété et de l'exploitation des minerais de fer d'alluvion.*

Art. 59. Le propriétaire du fonds sur lequel il y a du minerai de fer d'alluvion est tenu d'exploiter en quantité suffisante pour fournir, autant que faire se pourra, aux besoins des usines établies dans le voisinage avec autorisation légale : en ce cas, il ne sera assujetti qu'à en faire la déclaration au préfet du département ; elle contiendra la désignation des lieux : le préfet donnera acte de cette déclaration, ce qui vaudra permission pour le propriétaire, et l'exploitation aura lieu par lui sans autre formalité.

Art. 60. Si le propriétaire n'exploite pas, les maîtres de forges auront la faculté d'exploiter à sa place, à la charge : 1° d'en prévenir le propriétaire, qui, dans un mois, à compter de la notification, pourra déclarer qu'il entend exploiter lui-même; 2° d'obtenir du préfet la permission, sur l'avis de l'ingénieur des mines, après avoir entendu le propriétaire.

Art. 61. Si, après l'expiration du délai d'un mois, le propriétaire ne déclare pas qu'il prétend exploiter, il sera censé renoncer à l'exploitation; le maître de forges pourra, après la permission obtenue, faire les fouilles immédiatement dans les terres incultes et en jachères, et, après la récolte, dans toutes les autres terres.

Art. 62. Lorsque le propriétaire n'exploitera pas en quantité suffisante, ou suspendra les travaux d'exploitation pendant plus d'un mois sans cause légitime, les maîtres de forges se pourvoiront auprès du préfet pour obtenir la permission d'exploiter à sa place.

Si le maître de forges laisse écouler un mois sans faire usage de cette permission, elle sera regardée comme non avenue, et le propriétaire du terrain rentrera dans tous ses droits.

Art. 63. Quand un maître de forges cessera d'exploiter un terrain, il sera tenu de le rendre propre à la culture, ou d'indemniser le propriétaire.

Art. 64. En cas de concurrence entre plusieurs maîtres de forges pour l'exploitation dans un même fonds, le préfet déterminera, sur l'avis de l'ingénieur des mines, les proportions dans lesquelles chacun d'eux pourra exploiter; sauf le recours au conseil d'état.

Le préfet règlera de même les proportions dans lesquelles chaque maître de forges aura droit à l'achat du minerai, s'il est exploité par le propriétaire.

Digitized by Google

Art. 65. Lorsque les propriétaires feront l'extraction du minerai pour le vendre aux maîtres de forges, le prix en sera réglé entre eux de gré à gré, ou par des experts choisis ou nommés d'office, qui auront égard à la situation des lieux, aux frais d'extraction et aux dégâts qu'elle aura occasionnés.

Art. 66. Lorsque les maîtres de forges auront fait extraire le minerai, il sera dû au propriétaire du fonds, et avant l'enlèvement du minerai, une indemnité qui sera réglée par experts, lesquels auront égard à la situation des lieux, aux dommages causés, à la valeur du minerai, distraction faite des frais d'exploitation.

Art. 67. Si les minerais se trouvent dans les forêts royales, dans celles des établissements publics ou des communes, la permission de les exploiter ne pourra être accordée qu'après avoir entendu l'administration forestière. L'acte de permission déterminera l'étendue des terrains dans lesquels les fouilles pourront être faites : ils seront tenus, en outre, de payer les dégâts occasionnés par l'exploitation, et de repiquer en glands ou plants les places qu'elle aurait endommagées, ou une autre étendue proportionnelle déterminée par la permission.

Art. 68. Les propriétaires ou maîtres de forges ou d'usines, en exploitant les minerais de fer d'alluvion ne pourront, dans cette exploitation, pousser des travaux réguliers par des galeries souterraines, sans avoir obtenu une concession, avec les formalités et sous les conditions exigées par les articles de la section 1re du titre III, et les dispositions du titre IV.

Art. 69. Il ne pourra être accordé aucune concession pour minerai d'alluvion ou pour des mines en filons ou couches, que dans les cas suivants :

1° Si l'exploitation à ciel ouvert cesse d'être possible, et si l'établissement de puits, galeries et travaux d'art est nécessaire ;

2° Si l'exploitation, quoique possible encore, doit durer peu d'années, et rendre ensuite impossible l'exploitation par puits et galeries.

Art. 70. En cas de concession, le concessionnaire sera toujours tenu : 1° de fournir aux usines qui s'approvisionneraient de minerai sur les lieux compris en la concession, la quantité nécessaire à leur exploitation, au prix qui sera porté au cahier des charges, ou qui sera fixé par l'administration ; 2° d'indemniser les propriétaires au profit desquels l'exploitation avait lieu, dans la proportion du revenu qu'ils en tiraient.

SECTION III. — *Des terres pyriteuses et alumineuses.*

Art. 71. L'exploitation des terres pyriteuses et alumineuses sera assujettie aux formalités prescrites par les articles 57 et 58, soit qu'elle ait lieu par les propriétaires des fonds, soit par d'autres individus qui, à défaut par ceux-ci d'exploiter, en auraient obtenu la permission.

Art. 72. Si l'exploitation a lieu par des non-propriétaires, ils seront assujettis, en faveur des propriétaires, à une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou par experts.

SECTION IV. — *Des permissions pour l'établissement des fourneaux, forges et usines.*

Art. 73. Les fourneaux à fondre les minerais de fer et autres substances métalliques, les forges et martinets pour ouvrer le fer et le cuivre, les usines servant de patouillets et bocards, celles pour le traitement des substances salines et pyriteuses, dans lesquelles on consomme des combustibles, ne pourront être établis que sur une permission accordée par un règlement d'administration publique.

Art. 74. La demande en permission sera adressée au préfet, enregistrée le jour de la remise sur un registre spécial à ce destiné, et affichée pendant quatre mois dans le chef-lieu du département, dans celui de l'arrondissement projeté, et dans le lieu du domicile du demandeur.

Le préfet, dans le délai d'un mois, donnera son avis tant sur la demande que sur les oppositions et les demandes en préférence qui seraient survenues ; l'administration des mines donnera le sien sur la quantité du minerai à traiter ; l'administration des forêts, sur l'établissement des bouches à feu, en ce qui concerne les bois ; et l'administration des ponts et chaussées, sur ce qui concerne les cours d'eau navigables et flottables.

Art. 75. Les impétrants des permissions pour les usines supporteront une taxe une fois payée, laquelle ne pourra être au-dessous de 50 fr., ni excéder 300 fr.

SECTION V. — *Dispositions générales sur les permissions.*

Art. 76. Les permissions seront données à la charge d'en faire usage dans le délai déterminé ; elles auront une durée indéfinie, à moins qu'elles n'en contiennent la limitation.

Art. 77. En cas de contravention, le procès-verbal dressé par les autorités compétentes sera remis au procureur du roi, lequel poursuivra la révocation de la permission, s'il y a lieu, et l'application des lois pénales qui y sont relatives. . . . . .

Art. 79. L'acte de permission d'établir des usines à traiter le fer, autorise les impétrants à faire des fouilles même hors de leurs propriétés, et à exploiter les minerais par eux découverts, ou ceux antérieurement connus, à la charge de se conformer aux dispositions de la section II.

Art. 80. Les impétrants sont aussi autorisés à établir des patouillets, lavoirs et chemins de charroi, sur les terrains qui ne leur appartiennent pas, mais sous les restrictions portées en l'article 44 ; le tout à charge d'indemnité envers les propriétaires du sol.

TITRE VIII.

SECTION I. — *Des carrières.*

Art. 81. L'exploitation des carrières à ciel ouvert lieu sans permission, sous la simple surveillance de la police, et avec l'observation des lois ou règlements généraux et locaux.

Art. 82. Quand l'exploitation a lieu par galeries souterraines, elle est soumise à la surveillance de l'administration, comme il est dit au titre V.

SECTION II. — *Des tourbières.*

Art. 83. Les tourbes ne peuvent être exploitées que par le propriétaire du terrain, ou de son consentement.

Art. 84. Tout propriétaire qui voudra exploiter des tourbes dans son terrain ne pourra le faire, à peine de 100 francs d'amende, sans en avoir préalablement fait la déclaration à la sous-préfecture et obtenu l'autorisation.

Art. 85. Un règlement d'administration publique déterminera la direction générale des travaux d'extraction dans le terrain où sont situées les tourbes, celle des rigoles de dessèchement, enfin toutes les mesures propres à faciliter l'écoulement des eaux dans les vallées, et l'atterrissement des entailles tourbées.

Art. 86. Les propriétaires exploitants, soit particuliers, soit communautés d'habitants, soit établissements publics, sont tenus de s'y conformer à peine d'être contraints à cesser leurs travaux.

TITRE IX.

DES EXPERTISES.

Art. 87. Dans tous les cas prévus par la présente loi et autres naissant des circonstances, où il y aura lieu à expertise, les dispositions du titre XIV du Code de procédure civile, articles 303 à 323, seront exécutées.

Digitized by Google

Art. 88. Les experts seront pris parmi les ingénieurs des mines, ou parmi les hommes notables et expérimentés dans le fait des mines et de leurs travaux.

Art. 89. Le procureur du Roi sera toujours entendu, et donnera ses conclusions sur le rapport des experts.

Art. 90. Nul plan ne sera admis comme pièce probante dans une contestation, s'il n'a été levé ou vérifié par un ingénieur des mines. La vérification des plans sera toujours gratuite.

Art. 91. Les frais et vacations des experts seront réglés et arrêtés, selon les cas, par les tribunaux; il en sera de même des honoraires qui pourront appartenir aux ingénieurs des mines; le tout suivant le tarif qui sera fait par un règlement d'administration publique.

Toutefois, il n'y aura pas lieu à honoraires pour les ingénieurs des mines, lorsque leurs opérations auront été faites soit dans l'intérêt de l'administration, soit à raison de la surveillance et de la police publiques.

Art. 92. La consignation des sommes jugées nécessaires pour subvenir aux frais d'expertise pourra être ordonnée par le tribunal contre celui qui poursuivra l'expertise.

TITRE X.

DE LA POLICE ET DE LA JURIDICTION RELATIVES AUX MINES.

Art. 93. Les contraventions des propriétaires de mines exploitants non encore concessionnaires, ou autres personnes, aux lois et règlements, seront dénoncées et constatées comme les contraventions en matière de voirie et de police.

Art. 94. Les procès-verbaux contre les contrevenants seront dressés dans les formes et délais prescrits par les lois.

Art. 95. Ils seront adressés en originaux aux procureurs du Roi, qui seront tenus de poursuivre d'office les contrevenants devant les tribunaux de police correctionnelle, ainsi qu'il est réglé et usité pour les délits forestiers, et sans préjudice des dommages-intérêts des parties.

Art. 96. Les peines seront d'une amende de 500 fr. au plus, et de 100 francs au moins, double en cas de récidive, et d'une détention qui ne pourra excéder la durée fixée par le Code de police correctionnelle.

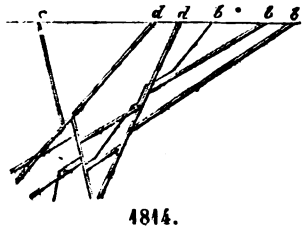
La loi du 21 avril 1810 a été complétée par la *loi du 27 avril 1838, relative à l'assèchement et à l'exploitation des mines*, qui, lorsque plusieurs mines situées dans des concessions différentes se trouvent atteintes ou menacées d'une inondation commune qui serait de nature à compromettre leur existence, la sûreté publique ou les besoins des consommateurs, donne au gouvernement le pouvoir d'obliger les concessionnaires de ces mines à exécuter, en commun et à leurs frais, les travaux nécessaires soit pour assécher tout ou partie des mines inondées, soit pour arrêter les progrès de l'inondation. Comme cette loi n'a qu'un intérêt tout à fait spécial, nous croyons pouvoir nous dispenser d'en reproduire ici le texte.

MINES (*exploitation des*). Dans l'article GÉOLOGIE nous avons déjà décrit d'une manière sommaire la composition de l'écorce du globe. Les minerais métalliques ou autres s'y trouvent en couches, filons, veines, amas, etc., ordinairement associés avec des matières inutiles ou stériles qui portent le nom de gangue.

Les *couches* sont des assises parallèles aux plans de stratification des terrains dans lesquels elles se trouvent et d'une grande régularité; on donne le nom de *bancs* aux couches épaisses de pierres de taille, d'ardoises ou autres matériaux employés dans les constructions. On distingue dans une couche sa *direction*, ou plutôt celle d'une ligne horizontale qui serait tracée dans cette couche, direction déterminée par l'angle que cette ligne forme avec le plan méridien du lieu, et son *inclinaison* sur l'horizon. La *puissance* d'une couche est son épaisseur mesurée par la plus courte distance entre les faces supérieure et inférieure, ou entre son *toit* et son *mur*. L'*affleurement* d'une couche est la ligne suivant laquelle elle est mise à nu sur le sol. Nous avons parlé à l'article HOUILLE des divers accidents que présente l'allure des couches, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Les *filons* n'ont pas la régularité des couches, et en diffèrent en ce qu'ils coupent généralement les plans de stratification des terrains qu'ils traversent, et en ce que leur composition, loin d'offrir un ensemble assez homogène, présente un mélange de matières très diverses, souvent disposées symétriquement par zônes de part et d'autre d'un plan parallèle aux deux parois encaissantes. Quelquefois cependant les filons sont parallèles aux plans de stratification, et prennent le nom de *filons-couches* ou de *veines*. On distingue dans un filon, comme dans une couche, la direction, l'inclinaison, la puissance, le toit, le mur et l'affleurement. Le toit et le mur sont aussi dits les *épontes* du filon. Très fréquemment les filons sont séparés de leurs épontes par des lits d'argile ou *salbandes* qui facilitent l'abattage de la roche.

Les filons font ordinairement éprouver aux couches qu'ils traversent un rejet, dont nous avons indiqué la loi à l'article HOUILLE. Ils sont sujets, comme les couches, et même davantage, à des inflexions, des étranglements et des brouillages. Ils sont également susceptibles d'être rejetés par d'autres filons plus modernes, qui se continuent alors sans interruption, et qui portent le nom de *filons croiseurs*: ce sont des failles ou des dykes quand ils sont remplis de matières stériles. Le rejet a lieu, le plus souvent, comme s'il était le résultat du glissement en masse de la région du toit sur la région du mur du croiseur. La figure 1814 donne l'exemple de trois systèmes de filons du Cornouailles: *d*, *d*, filons cuivreux, les plus récents, rejettent les deux autres systèmes de filons *c* et *b*, *b*; *c*, filon d'étain, croisé par les filons *d*, *d*, et croiseur à son tour par rapport aux filons d'étain plus anciens *b*, *b*. Très souvent les amincissements et les brouillages correspondent, ainsi que la richesse en minerai, avec le passage du filon d'un banc de roche dans un autre.



1814.

Il est rare qu'il existe un seul filon métallifère dans un même pays; ordinairement on y rencontre plusieurs autres filons contenant des minerais de même nature, et dans ce cas les directions et les inclinaisons de tous ces filons sont à peu près parallèles, de sorte que l'on est conduit à les regarder comme formant un ensemble ou *système de filons*. Certaines contrées sont ainsi sillonnées par deux ou plusieurs systèmes de filons. L'on remarque alors que les filons des divers systèmes, qui se distinguent par leurs directions, diffèrent aussi généralement par la nature des substances qu'ils contiennent. Enfin tous les filons d'un même système croisent tous les filons d'un autre système ou sont croisés par eux.

Les *amas* sont des masses minérales de forme irrégulière qui se rencontrent, soit dans les terrains en couches, soit dans les terrains non stratifiés. On distingue: les *amas entrelacés* ou *stockwerks*, qui consistent en masses de roches pénétrées d'un grand nombre de veinules de minerais métalliques, se croisant dans tous les sens; les *amas couchés*, ou masses intercalées dans les terrains stratifiés, et qui ne diffèrent des couches que par leur étendue bornée; et les *amas droits*, qui parais-

Digitized by Google

sent être des filons très épais, ou des renflements de filons, et qui existent généralement à la séparation de deux terrains, dont l'un est stratifié et dont l'autre ne l'est pas.

Enfin les *mines en sac* sont des amas de minerais remplissant des cavités superficielles ou des crevasses, qui se rencontrent principalement dans les terrains calcaires.

Nous terminerons cet exposé préliminaire par quelques mots sur le mode habituel de gisement des principales substances minérales.

On rencontre en couches les divers matériaux de construction, le gypse, le sel gemme, les combustibles minéraux, le fer carbonaté lithoïde, les fers oxydé rouge et oxydé hydraté, surtout à l'état oolithique ou en grains, les schistes cuivreux du Mansfeld, et quelquefois la galene ou sulfure de plomb, et le mercure sulfuré.

La plupart des minerais métalliques se rencontrent sous la forme de filons ou d'amas ; les minerais de cuivre, de plomb, d'argent, sont surtout en filons. Les minerais de fer, de zinc, le sel gemme et le gypse, se rencontrent souvent en filons-couches ou en amas couchés. L'oxyde d'étain est presque toujours en amas entrelacés. La plupart des minerais de fer en grains du centre de la France forment des *mines en sac*. Enfin on trouve de l'or, des minerais de platine, de l'oxyde d'étain, disséminés dans des sables superficiels, ou dans des couches de sable et de gravier situées à une faible profondeur, et dont on les sépare par le lavage. Les diamants et la plupart des pierres précieuses se trouvent également disséminés dans des sables superficiels.

Recherche des mines.

Il n'y a guère que le terrain houiller proprement dit dans lequel les gîtes de combustibles soient assez fréquents pour y faire des recherches suivies. Ces recherches se font alors le plus ordinairement au moyen de trous de sondes (voyez HOUILLE et SONDAGE). On se sert de petites sondes, de formes appropriées à la nature du terrain et des substances que l'on recherche, pour reconnaître la présence de bancs de tourbe, leur épaisseur et leur qualité, ainsi que l'existence de minerais de fer à une faible profondeur. On emploie encore fréquemment la sonde dans l'intérieur des mines, soit au fond des puits, pour explorer le terrain inférieur; soit dans une direction horizontale ou inclinée, tantôt pour établir des communications qui servent à l'aérage, tantôt pour reconnaître le terrain dans lequel on s'avance et s'assurer contre les amas d'eau, ou de gaz nuisibles, qui pourraient être renfermés dans de vieux travaux dont l'existence est inconnue, ou même dans des cavités naturelles.

Les recherches de mines dans un pays qui en renferme déjà se fait surtout au moyen de travaux souterrains, se rattachant aux travaux déjà existants, de galeries poussées dans une direction normale à la direction des filons connus, et qui devront couper les filons inconnus de même nature, ordinairement parallèles, s'il en existe.

Le plus souvent la découverte des mines est due à celle des affleurements du gîte, de fragments accidentellement détachés de ces affleurements, dont l'examen joint à la configuration du sol environnant peut conduire à la découverte de ces affleurements, ou enfin aux émanations du gîte qui arrivent à la surface par les fissures des terrains supérieurs ; c'est ainsi, par exemple, que les sources d'eau salée sont habituellement un indice de l'existence de bancs de sel gemme dans le voisinage.

Quand on est parvenu à remonter à un point de l'affleurement du gîte, on cherche, en faisant, s'il est nécessaire, de petites tranchées, à reconnaître cet affleurement sur la plus grande longueur possible, à s'assurer si le gîte est une couche, un filon ou un amas. En outre, on exécutera quelques petites galeries suivant la pente, et perpendiculairement à sa direction pour déterminer son inclinaison, et reconnaître si c'est une couche ou un filon. Si les premières fouilles donnent lieu de croire que l'on a affaire à un amas, on concentre les travaux d'exploration en un même point, après avoir cherché à reconnaître les limites du gîte.

Généralement, un gîte ne présente pas sur ses affleurements les mêmes caractères que dans sa profondeur, ce qui tient à l'action exercée à la longue par les agents atmosphériques. Les affleurements de la plupart des filons et gîtes métallifères, sont composés d'un mélange de quarz et d'hydrate d'oxyde de fer.

Si les premières fouilles entreprises sur les affleurements donnent lieu de penser que le gîte peut être exploité avec avantage, il est essentiel de s'attacher, dès le principe, avant d'entreprendre des travaux plus dispendieux, et pour être à même de déterminer le mode d'exploitation le plus convenable, à bien reconnaître sa forme et son allure. Cette exploitation se fait en combinant une ou deux galeries horizontales exécutées sur le mur même du gîte, avec des galeries montantes ou descendantes sur le mur, suivant la ligne de la plus grande pente, et quelques galeries transversales et horizontales, allant du mur, sur lequel on est appuyé, au toit, dans le cas où le gîte a une puissance supérieure à celle des galeries.

Lorsque les affleurements d'un filon ont lieu sur une montagne, on explore souvent le gîte au moyen de galeries horizontales à travers bancs pratiquées sur les flancs de la montagne, et normalement à la direction du filon.

Les couches et filons sont souvent rejetés par des failles ou filons croiseurs; lorsque l'on se trouve dans un terrain stratifié, l'examen des couches que l'on retrouve de l'autre côté du filon croiseur, suffit souvent pour indiquer le sens et l'étendue du rejet, et, par conséquent, pour indiquer les moyens de retrouver le gîte. Dans le cas contraire, on détermine le sens du rejet, mais non son étendue par la règle que nous avons déjà énoncée, et qui consiste en ce que généralement le rejet a été produit par le glissement du toit sur le mur du filon croiseur, suivant la ligne d'inclinaison de ce dernier.

Lorsqu'un gîte interrompu par un filon croiseur a été une fois retrouvé, on retrouvera aisement ce même gîte, s'il vient à être interrompu par le même croiseur à des niveaux différents, car le sens et l'étendue du rejet seront les mêmes; il sera également facile de déterminer, par une épure, le sens et l'étendue du rejet que ce même croiseur fera éprouver à d'autres gîtes connus, parallèles ou non au premier.

Les travaux de recherches les plus délicats sont ordinairement ceux qui ont pour but la reprise d'anciennes mines métalliques abandonnées depuis longtemps, d'autant plus qu'il est presque toujours extrêmement difficile de se procurer des documents précis sur les causes qui ont amené l'abandon de ces mines. Cet abandon peut avoir été déterminé par plusieurs causes, dont les principales sont l'appauvrissement du gîte dans la profondeur, ou l'impossibilité d'extraire les eaux, avec une économie suffisante, par les moyens mécaniques connus à l'époque de l'abandon. Lorsque l'abandon est dû à l'appauvrissement du gîte, il n'y a jamais lieu à reprendre les travaux, malgré les progrès de l'exploitation des mines et de la métallurgie, qui sont au moins compensés par l'augmentation du prix de la main-d'œuvre et la diminution énorme qu'a subie la valeur des métaux depuis quelques siècles ; dans le cas même où les documents authentiques, ou recherches faites avec soin sur les lieux, indiqueraient que l'abandon est dû à l'envahissement des eaux, il n'y a pas lieu à rentrer dans les anciens travaux, où le gîte est toujours à peu près complétement exploité, et il faut immédiatement diriger les travaux de recherches de manière à atteindre la partie encore in-

Digitized by Google

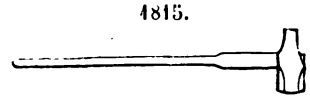
tacte du gîte, au-dessous des anciens travaux, en s'aidant de puissantes machines d'épuisement.

Abattage des roches.

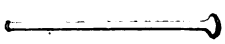
Les outils du mineur varient suivant la nature des roches qu'il s'agit d'entailler. Dans les terrains tendres ou meubles on emploie le pic et la pioche, de même que pour l'abattage de la houille. Avant le dix-septième siècle, on se servait presque exclusivement pour l'abattage des roches dures de la pointerole (fig. 1823), sorte de coin fixé sur un manche très court qui sert à le guider, et sur la tête duquel on frappe avec un marteau; maintenant on ne s'en sert guère que comme accessoire, pour abattre les parties déjà fendillées par les coups de mines, etc.

Pour faire sauter les roches à la poudre on perce dans la roche un trou cylindrique, à l'aide d'un petit trépan en fer aciéré, dit *fleuret* (fig. 1816 et 1817), que l'on fait tourner en frappant à chaque fois sur la tête avec un marteau (fig. 1815); lorsque le trou est incliné vers le bas (fig. 1824), et que la roche est sèche, on y jette de temps en temps un peu d'eau, pour empêcher l'outil de se détremper; on enlève de temps à autre les

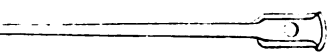
1815.



1816.



1817.

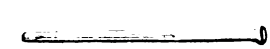


1818.



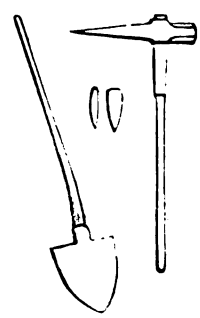
1819.

1820.



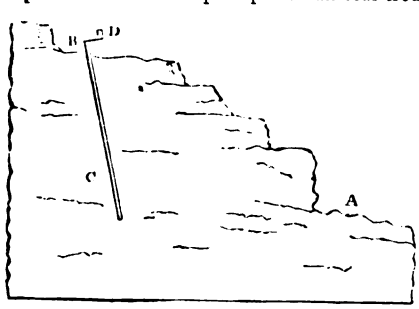
1821.

1823.



1822.

boues avec une curette en fer (fig. 1819). Quelquefois on emploie deux hommes pour percer un seul trou de



1824.

mine, mais dans la plupart des cas, le travail se fait par un seul homme; les trous de mine ont alors généralement de 0m,40 à 0m,60 de largeur sur 0m,015 à 0m,020 de profondeur au fond. Après avoir nettoyé le trou, on le remplit au tiers environ de poudre que l'on enveloppe préalablement dans du papier, quand la roche est sèche, ou dans une enveloppe goudronnée quand elle est humide, ou pousse la cartouche au fond avec le bourroir (fig. 1820) qui est une tige ronde en fer, portant sur le côté une cannelure qui sert au passage de l'épinglette (fig. 1818), aiguille en fer ou en cuivre que l'on enfonce jusqu'au milieu de la cartouche et qui sert à réserver le canal pour l'amorce. On tasse ensuite avec le bourroir, sur la cartouche, et jusqu'à l'orifice du trou, de l'argile lavée, en ayant soin de faire tourner de temps à autre l'épinglette sur elle-même pour pouvoir ensuite l'arracher plus facilement, ce qui se fait en passant le bourroir dans l'anneau de la tête, et tirant dessus. L'amorçage se fait le plus ordinairement au moyen d'un tuyau de paille coupé par un bout au-dessous d'un nœud, fendu dans sa longueur et rempli de poudre fine, que l'on introduit dans le canal laissé par l'épinglette et auquel l'on attache une mèche soufrée, qui permet de se retirer et de se mettre à l'abri des effets de l'explosion, pendant le temps que le feu met à se propager d'une extrémité à l'autre de la mèche.

Pour éviter les chances d'accident, il convient d'employer pour le bourrage des trous de l'argile lavée, bien exempte de quarz, et de se servir d'épinglettes et de bourroirs en tout ou en partie en cuivre.

Depuis quelques années on se sert avec beaucoup d'avantages, pour amorcer, d'étoupilles de Bickford, qui consistent en une corde, goudronnée ou non, dans l'axe de laquelle on introduit, lors de la fabrication, du pulvérin ou poudre finement broyée. Après avoir coupé ces étoupilles de longueur, on en enfonce une extrémité dans la charge de poudre, qui est enfermée dans une enveloppe de papier fort ou de toile goudronnée (fig. 1821), suivant que le trou est sec ou humide; l'étoupille étant enfoncée de quelques centimètres dans la poudre, est attachée à la cartouche avec une petite ficelle, ou de toute autre manière; on l'applique ensuite sur les bords du trou, où elle tient la place de l'épinglette qui devient inutile; l'étoupille brûle avec une grande lenteur (la combustion se propage avec une vitesse de 0m,60 au plus par minute), ce qui laisse à l'ouvrier le temps de se retirer et de se mettre à l'abri. L'emploi des étoupilles goudronnées de Bickford est le procédé le plus convenable pour faire sauter les roches aquifères, ou sous l'eau.

Il devient impossible d'employer la poudre pour attaquer certaines roches compactes, telles que le quarz et les pyrites de fer, même cuivreuses, en masse, comme c'est le cas dans quelques mines de Hongrie et dans la mine de cuivre de Rammelsberg au Hartz. Dans ce cas, on désagrége la roche par l'action du feu et on la détache ensuite à l'aide du pic quand elle ne tombe pas par son propre poids. A cet effet on place contre le front de la galerie ou de la taille à attaquer un bûcher disposé de telle sorte que la flamme vienne lécher la masse de roche ou de minerai à torréfier: on détruit ainsi la cohésion de la roche par une calcination qui altère tantôt l'agrégation moléculaire, comme pour le quarz, et qui tantôt altère en outre la composition de la roche, comme pour les pyrites.

Des exploitations à ciel ouvert.

Lorsque les gîtes à exploiter sont situés à une faible profondeur, on les exploite le plus souvent à ciel ouvert en déblayant les terrains supérieurs au gîte. Ce déblaiement s'exécute suivant les distances auxquelles on doit transporter les terres, à la brouette, au tombereau, ou à l'aide de wagons roulant sur chemins de fer.

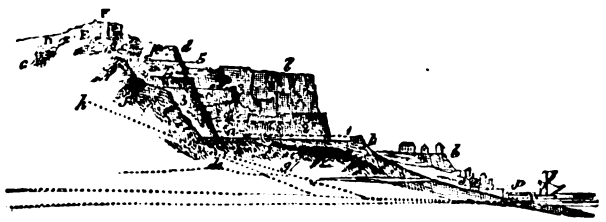
Les dépôts de tourbes, beaucoup de carrières de pierres, les dépôts de minerais d'étain d'alluvion, beaucoup

Digitized by Google

de minerais de fer et même quelques portions de couches de houille puissantes sont exploitées à ciel ouvert. Nous avons déjà décrit une partie de ces exploitations aux mots ARDOISE, HOUILLE et TOURBE; nous compléterons ce que nous avons à dire à ce sujet par quelques exemples d'exploitation à ciel ouvert de mines de fer et de mines d'étain d'alluvion.

Les minerais de fer en grains se trouvent souvent à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol; on les exploite alors à ciel ouvert; pour cela on enlève d'abord les terres superficielles que l'on transporte dans une excavation voisine, puis l'on extrait le minerai en donnant aux parois de l'excavation la forme de banquettes ou gradins pour prévenir les éboulements; on n'emploie que la pelle et la pioche pour ce travail.

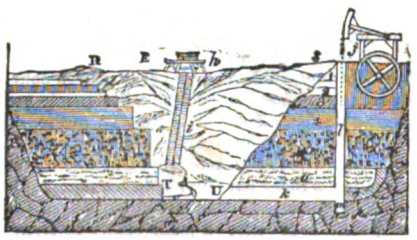
La fig. 1825 donne une idée des fameuses mines de fer oligiste de l'île d'Elbe qui sont également exploitées à ciel ouvert; les trois principaux ateliers actuels d'exploitation sont : *Pietamonte* D, *Sanguinaccio* E et *Anterma* F; *c*, *c*, sont les haldes ou tas de déblais qui en proviennent; le minerai est transporté par les routes 1,



1825.

2, 3, 4, 5, 6 et 7, sur les bords de la mer, et ensuite chargé sur les vaisseaux au moyen de l'embarcadère *p*.

Les mines d'étain d'alluvion les plus importantes du Cornouailles, sont situées dans une vallée qui débouche au port de Pentowan, près de Saint-Austle; la fig. 1826 donne la coupe de l'atelier d'exploitation, dit *happy union*, aux mines de Pentowan. Le fond de la vallée E renferme des couches d'alluvion 1, 2, 3, 4, 5 et 6, formées principalement de sable et d'argile, et qui reposent sur le schiste argileux ou la grauwacke A; les parties



1826.

inférieures de ce dépôt T renferment des galets d'étain oxydé pur, et d'autres galets de l'étain oxydé disséminé. L'excavation R T U S est taillée sur trois côtés en gradins de 0m,50 à 0m,60; le quatrième côté U S est formé par le talus naturel des déblais. L'eau qui découle le long des parois de l'excavation se rend par une galerie *k* ménagée dans les déblais, dans le puisard *m*, d'où on l'extrait au moyen de pompes placées dans le puits *l*, et mises en jeu par une roue à augets. On a toujours soin de conduire l'exploitation de manière à remonter la vallée, et en prolongeant au fur et à mesure la galerie *k*. L'extraction du minerai se fait au moyen d'un plan incliné à 43° environ *i*, et d'un manége ou barytel à chevaux *h*.

Excavations souterraines.

On donne le nom de *puits* ou *galeries*, selon que leur axe se rapproche davantage du plan vertical ou horizontal, aux excavations souterraines qui n'ont pour but que de rejoindre un gîte, et de le mettre en communication, soit avec le jour, soit avec des travaux préexistants. Les excavations, qui ont pour but l'exploitation même du gîte, portent le nom de *tailles*, *chantiers* ou *chambres* d'exploitation, suivant leurs dimensions.

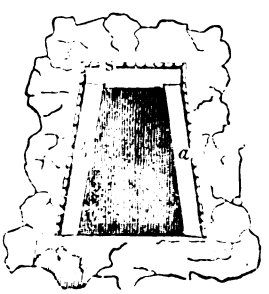
Galeries. On donne généralement aux galeries de 1 à 2m de largeur sur 1m,50 à 3m de hauteur, et autant que possible, on les fait horizontales ou on les commence par le point le plus bas, afin de n'avoir point à pourvoir à l'épuisement des eaux. Lorsqu'une galerie doit servir à la fois à l'écoulement des eaux et au roulage des minerais, et que les eaux sont assez abondantes pour couvrir le sol sur une épaisseur de plusieurs centimètres, on la divise en deux parties par un plancher horizontal sur lequel est établie la voie de roulage et au-dessous duquel coulent les eaux; ce plancher est ordinairement à 0m,30 ou 0m,40 au-dessus du fond. Dans les galeries de mines ordinaires, on ne peut mettre qu'un ou deux ouvriers sur le front de la galerie, de sorte que l'excavation avance très lentement.

Lorsqu'il s'agit de pratiquer des galeries à grandes sections, comme les tunnels de chemins de fer et de canaux, on s'y prend autrement. On attaque à la fois le tunnel en plusieurs points au moyen de puits; on creuse à la fois une petite galerie à la base du tunnel, dans laquelle on établit un chemin de fer qui sert au transport des déblais, et une autre galerie au cerveau; puis on enlève le reste du terrain, suivant la section que l'on veut avoir en soutenant les terres, s'il est nécessaire, par un boisage provisoire et muraillant par derrière.

Le prix de l'abattage du mètre cube de roche en place, dans une galerie de faible section, varie ordinairement de 10 à 25 francs; dans les galeries à grande section, il est de 7 à 15 francs.

Lorsque les parois des galeries ont besoin d'être soutenues, on les revêt d'un boisage ou d'un muraillement, suivant la durée pendant laquelle elles doivent rester ouvertes; ainsi on muraillera toujours les principales galeries d'écoulement et de roulage.

Le *boisage* d'une galerie consiste le plus habituellement en une série de *cadres*, formés chacun de trois pièces de bois (fig. 1827), deux *montants a*, *b*, appliqués contre les parois latérales, et un *chapeau* S appliqué contre le faîte et reposant sur les extrémités supérieures des deux montants. La distance de deux cadres consécutifs varie avec la poussée du terrain. Quand elle est considérable, les cadres sont contigus, ou au moins on soutient le terrain par des *bois de garnissage* (planches, rondins ou demi-rondins), contigus ou non, appliqués contre le terrain en arrière des cadres et appuyés sur ceux-ci. Les pieds des montants reposent dans des entailles pratiquées dans le sol.



1827.

Lorsque le sol de la galerie manque de consistance, on prévient le soulèvement du sol de la galerie et le rapprochement des pieds des montants, en faisant por-

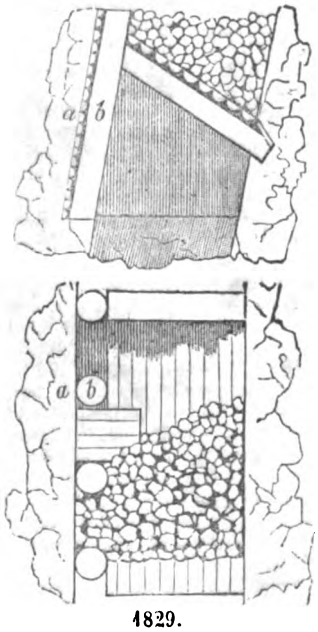
Digitized by Google

ter ceux-ci sur une *semelle* en bois posée transversalement sur le sol, et posant en dessous, s'il est nécessaire, des bois de garnissage, comme on le fait sur les autres faces.

Lorsqu'on exécute des galeries dans les filons ou dans les couches, il est fort rare que les parois soient également éboulеuses. Dans certains cas, le faite seul est éboulеux et a besoin d'être soutenu, tandis que les parois latérales et le sol sont solides ; dans d'autres cas, dans la plupart des filons ou des couches fortement inclinées, il faut soutenir à la fois le faite de la galerie et le toit du gîte. On boise alors la galerie avec des cadres incomplets ou portions de cadres. Les fig. 1828 et 1829 donnent le plan et la coupe d'un boisage de ce dernier genre, composé de demi-cadres, avec bois de garnissage continus, dans une galerie ménagée dans un filon fortement incliné, au-dessous d'une taille remblayée.

La durée des bois, dans les galeries des mines, est très variable. Dans un air chaud et vicié, ils sont rapidement détruits. Le *robinia pseudo-acacia* paraît être l'essence qui résiste le mieux dans ces circonstances. Il paraît qu'on parvient à prolonger la durée des bois, en les tenant constamment humectés. Il est certain que les procédés de M. Boucherie, pour la CONSERVATION DES BOIS, pourraient être appliqués avec beaucoup d'avantages, dans les mines, pour le boisage des galeries et des puits.

1828.

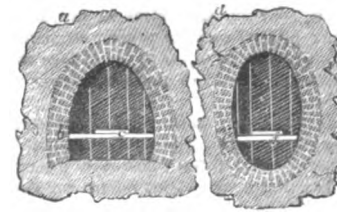


1829.

Quand le terrain est extrêmement mauvais et tout à fait coulant, il faut protéger le fond de la galerie par une sorte de bouclier à plusieurs compartiments, que l'on fait avancer au fur et à mesure, en ayant soin de retenir latéralement les terres au moyen de planches jointives ou palplanches passées derrière le dernier cadre et enfoncées, en divergeant un peu, au-delà du bouclier.

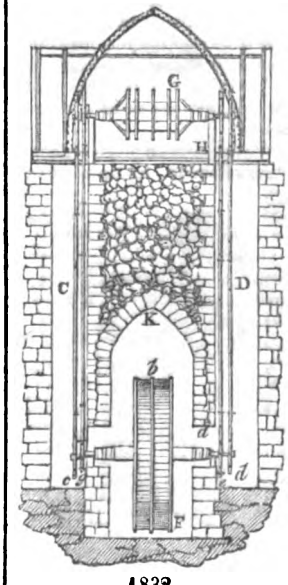
En général, quand une galerie doit durer plus de dix à douze ans, il est plus économique de la murailler. Le muraillement est d'ailleurs indispensable : dans les galeries ouvertes dans un terrain tout à fait meuble, ou dans des terrains très aquifères ; dans les tunnels de chemins de fer et de canaux ; et enfin, dans les excavations souterraines où l'on place des foyers d'aérage ou des chaudières de machines à vapeur, parce que les boisages seraient exposés à prendre feu.

Dans beaucoup de circonstances un muraillement en pierres sèches suffit. Dans les terrains où le sol est solide, et lorsqu'il est nécessaire de soutenir à la fois le faîte et les deux parois d'une galerie, le muraillement consiste presque toujours en une voûte *b* (fig. 1830), demi-circulaire ou en plein cintre, reposant sur deux murs verticaux ou légèrement cintrés, dont les fondations pénètrent à une faible profondeur dans le sol de la galerie. Lorsque le sol de la galerie est mauvais, on le maintient par un radier en forme de voûte renversée, ou bien on donne à la galerie la forme d'une voûte elliptique entièrement fermée (fig. 1831), dont le grand axe est vertical et le petit axe horizontal.



1830. 1831.

Il arrive souvent dans l'exploitation des filons très inclinés, qu'il suffit, pour maintenir la galerie ouverte, de construire au faîte une simple voûte en plein cintre ou en échelons. On remplace quelquefois le muraillement complet par des arceaux jetés de distance en distance, ou par des chaînes de pierres équidistantes, dont les intervalles sont remplis par un léger revêtement en briques. Les excavations très élevées, celles par exemple qui doivent contenir des roues hydrauliques prises en dessus d'un grand diamètre (figure 1832), sont voûtées en ogives.



1832.

Lorsque deux galeries muraillées en berceau se rencontrent ou se croisent, les raccordements se font habituellement d'une manière très simple, en surhaussant la voûte en berceau de l'une des galeries au point de croisement, de façon à ce que la voûte de l'autre galerie ne rencontre qu'un mur plan.

Puits. Le fonçement des puits dans les roches dures et non éboulеuses se fait à la poudre. On commence par le centre du puits pour établir une cavité dans laquelle les eaux se réunissent ; on abat ensuite la roche en se rapprochant des parois, au moyen de trous de mines inclinés à l'horizon. L'eau et les déblais sont d'abord extraits par un treuil à manivelle, puis par une machine à molettes. Lorsque les eaux sont peu considérables, on les dirige, par des planches inclinées et formant hélice sur les parois du puits, dans des réservoirs pratiqués dans le roc non fissuré, immédiatement au-dessous des sources, et on les en retire, soit au moyen de tonnes, soit avec une pompe. Lorsque la quantité d'eau est considérable, lorsqu'on rencontre un banc très aquifère ou *niveau*, on arrête les eaux, aussitôt qu'on est arrivé à un banc inférieur imperméable, au moyen d'un cuvelage en bois, en maçonnerie ou en fonte.

Le fonçement d'un puits de 2m,50 à 3m de diamètre,

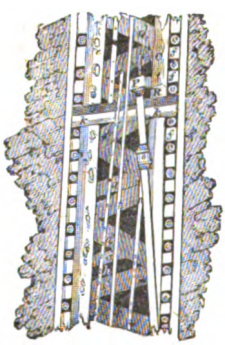
Digitized by Google

dans un terrain moyennement dur, revient de 50 à 100 fr. le mètre courant.

Les puits de 1m,60 à 1m,70 de diamètre, et de 30 à 40m de profondeur au plus, que l'on creuse pour l'exploitation des minerais de fer et autres, rapprochés de la surface, sont souvent boisés au moyen de cercles de tonneaux plus ou moins espacés, et maintenus en place par la pression qu'exercent sur la face tournée du côté des parois, des bois de garnissage logés entre eux et le terrain.

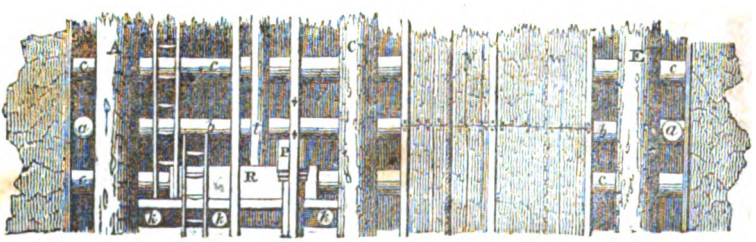
Les puits boisés de grandes dimensions sont le plus souvent carrés ou rectangulaires. On emploie alors des cadres rectangulaires formés de quatre pièces de bois, dont les deux plus courtes sont posées par leurs extrémités sur les deux plus longues, avec entaillement à mi-bois. Leur écartement varie suivant la pression du terrain, et on place en arrière des bois de garnissage que l'on serre exactement contre le terrain au moyen de coins, dont la pression suffit pour maintenir provisoirement les cadres en place. De distance en distance, et sur les points où la roche est le plus solide, on soutient un cadre sur deux pièces de bois appliquées contre les côtés les plus courts de la section rectangulaire du puits, et dont les extrémités s'appuient sur des entailles pratiquées pour les recevoir ; en outre, on supporte les cadres supérieurs par des poteaux de bois placés dans chaque angle du boisage, et respectivement entre deux cadres consécutifs. Lorsque le terrain est plus mauvais, on relie tous les cadres au cadre placé à l'orifice du puits, et dont les côtés se prolongent assez loin sur le sol, au moyen de tirants ou longuerines en bois, cloués ou chevillés contre les cadres.

On divise presque toujours les puits en plusieurs compartiments ; les uns pour l'extraction, les autres pour l'épuisement, les échelles, ou l'aérage. Les fig. 1833 et 1834 donnent deux coupes verticales d'un puits boisé et vertical divisé en quatre compartiments : l'un renferme les échelles *k*, *k* ; un autre, la maîtresse tige *g*, des pompes en cascade P, et leurs bâches R ; enfin, V et W sont les compartiments qui servent à l'extraction. *a*, *b*, *c* sont les cadres du boisage ; A, C, E, des longuerines qui les relient.



1833.

Quand on pratique des puits rectangulaires dans des terrains à couches inclinées, on doit les orienter de manière à ce que les deux côtés courts soient placés dans le sens de la direction, et les côtés longs dans le sens de la ligne de plus grande pente des couches, afin

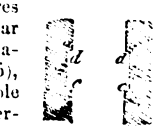


1834.

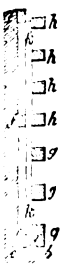
que les pièces les plus courtes du boisage soient appliquées sur les parois où la poussée est la plus considérable.

Dans les puits inclinés suivant la direction des couches ou filons, le plan des cadres doit être perpendiculaire à l'axe du puits.

Quand les couches que l'on traverse sont très aquifères, on est obligé de recourir au cuvelage. Ce dernier consiste en plusieurs *trousses* ou cadres ordinairement décagones, supportés par une ou plusieurs trousses picotées placées sur une banquette *c*, *c* (fig. 1835), ménagée dans la couche imperméable *a*, *a*, qui se trouve dans la couche perméable *b*, *b*. Ces trousses sont ainsi nommées, parce qu'on place de champ derrière les pièces de chaque cadre des planches ou *lambourdes* ; on garnit d'étoupes ou de mousse le vide entre les lambourdes et la roche ; on chasse ensuite entre les lambourdes et les pièces du cadre, jusqu'à refus, d'abord des coins plats en bois blanc, puis des coins pointus ou *picots* en bois blanc ou en chêne, auxquels on fait une entrée au moyen d'aiguilles ou *agrappes* en fer. Il devient alors impossible que l'eau, malgré la forte pression qu'elle exerce, filtre derrière le cadre et passe en dessous. Le cuvelage se termine également au-dessus de la couche perméable, par une trousse picotée horizontalement contre une banquette *d*, *d*. Les trousses ordinaires se trouvent ainsi fortement serrées les unes contre les autres.



1835.



1836.

La fig. 1836 est une coupe à une échelle plus grande du cuvelage en bois ; *d*, trousse porteuse ou picotée ; *k*, *k*, cuvelage ; *g*, *h*, pièces de renfort pour consolider et preserver le cuvelage.

Quand une couche mince aquifère est comprise entre deux couches imperméables, ou quand le terrain étant solide, mais fissuré, donne beaucoup d'eau, on peut arrêter celle-ci en pratiquant dans la couche aquifère, ou la fissure, une rainure horizontale dans laquelle on exécute un picotage également horizontal (fig. 1837).



1837.

Lorsque le terrain est coulant, on emploie souvent un cuvelage en fonte, que l'on fait descendre en le chargeant de poids et draguant le sable à l'intérieur. On opère aussi de même avec des tours en maçonnerie, que l'on rend solidaire en y interposant de distance en distance des rouets en planches, que l'on relie les uns aux autres par des planches et des tirants en fer. Lorsque le terrain est en même temps très aquifère, on emploie avec beaucoup d'avantage l'appareil à air comprimé de M. Triger, que nous avons décrit au mot AIR COMPRIMÉ.

Le muraillement est plus économique que le boisage, lorsqu'il s'agit de soutenir les parois de puits qui doivent avoir une durée de plus de six à sept ans.

Le muraillement s'exécute presque toujours, soit avec des pierres de choix ou des briques et du mortier hydraulique, soit en employant des matériaux de moindre qualité, et établissant derrière le muraillement, entre celui-ci et le terrain, une enceinte ou corroi en terre argileuse fortement damée.

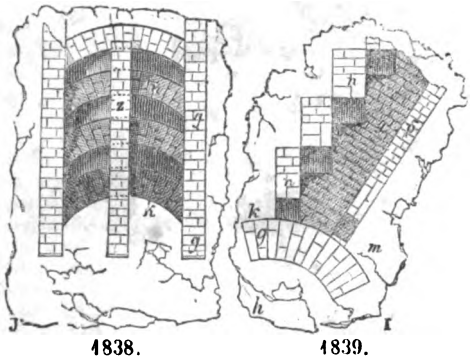
Les puits muraillés sont le plus souvent circulaires et en briques. Dans ce cas, le muraillement s'exécute presque toujours par parties, de haut en bas, au fur et

Digitized by Google

à mesure que le puits s'approfondit. Les tronçons de maçonnerie successifs s'appuient sur des rouets ou des cadres en charpente colletés, c'est-à-dire serrés par des coins en bois contre le terrain, lorsque la nature de celui-ci le permet, ou suspendus par des tirants en bois ou en fer, soit aux rouets supérieurs, soit à de longues pièces de bois étendues sur le sol à l'orifice du puits, lorsque le terrain n'offre pas une résistance suffisante pour un colletage serré des rouets.

Les puits muraillés en pierre sont souvent à section rectangulaire ; on y remplace les rouets par des cadres en charpente colletés ou par des arceaux surbaissés construits avec des pierres de choix, et dont les extrémités pénètrent assez avant dans la roche solide.

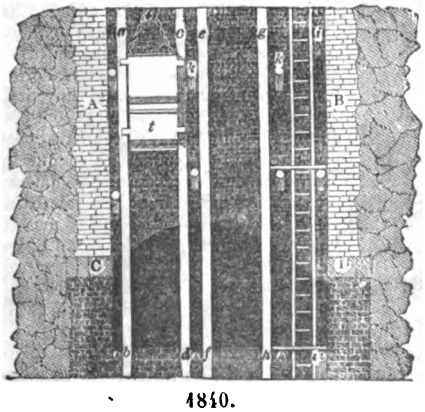
Le murailement des puits inclinés consiste généralement en un berceau cylindrique appliqué sur le toit, et deux murs verticaux appliqués sur les faces latérales. On muraille aussi quelquefois ces puits en remplaçant le berceau cylindrique ci-dessus par une série d'arceaux verticaux *n*, *n* (fig. 1838 et 1839), établis en retraite



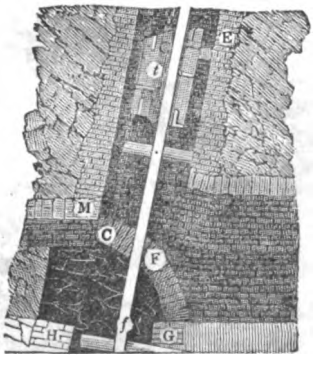
1838. 1839.

les uns au-dessus des autres, et formant ainsi saillie dans l'intérieur du puits.

Les puits inclinés qui servent à l'extraction des minerais sont garnis sur leur mur d'un plancher sur lequel glissent les traîneaux, ou mieux d'un double système de longuerines en bois *ab*, *cd* — *ef*, *gh* (fig. 1840 et 1841), sur lesquels roulent les caisses-chariots qui servent à l'extraction.



1840.



1841.

Serrements. Lorsqu'on rencontre dans l'exploitation d'une mine des sources abondantes qui arrivent dans une galerie par les fissures de la roche, et qu'on a lieu de croire que ces fissures n'ont qu'une étendue limitée, on isole la galerie où la source se fait jour, du reste des excavations souterraines, par une digue ou *serrement* qui contient les eaux. On ferme aussi par des serrements les galeries qui tombent sur d'anciens travaux souterrains remplis d'eau avec lesquels on ne veut pas se mettre en communication, et dont on ignorait même souvent l'existence. Enfin, lorsqu'un puits a été foncé à travers des *niveaux* ou nappes d'eaux que l'on a contenus par des cuvelages, pendant la durée de l'exploitation, comme dans les houillères du département du Nord et celles des environs de Mons, il est nécessaire, avant de l'abandonner, de le fermer au-dessous des derniers cuvelages par un serrement horizontal très solide, dit *plate-cuve*, afin de prévenir l'irruption ultérieure des eaux supérieures dans les travaux souterrains de la mine.

Lorsque la pression des eaux n'est pas extrêmement considérable, on emploie dans les galeries des *serrements droits*. Pour les établir, on commence par construire, en arrière de la place où le serrement doit être installé, un bâtardeau pour contenir les eaux avec un tuyau qui laisse écouler le trop plein; on pratique ensuite dans le roc solide et non fissuré des entailles ayant une face plane et verticale, sur laquelle doivent s'appuyer les pièces du serrement, du côté opposé à celui d'où arrive les eaux, et qui sont évasées de l'autre côté, ce qui est nécessaire pour la pose des bois. On place ensuite les pièces du serrement, en bois de chêne parfaitement dressé au rabot, suivant la plus petite dimension de la galerie et par conséquent presque toujours horizontalement, en interposant entre elles et les parois, des lambourdes et de la mousse ; l'ensemble de ces pièces présente, à la partie inférieure, un trou pratiqué pour le passage du tuyau de trop plein, à la partie supérieure un petit trou pour le dégagement de l'air, et au milieu à peu près un trou rectangulaire suffisant pour le passage des ouvriers ; on serre ensuite les pièces par un picotage très soigné exécuté du côté d'où viennent les eaux, puis les ouvriers se retirent, et ferment l'ouverture par laquelle ils ont passé avec un tampon, ou mieux avec un gros clapet de bois garni de cuir, qui se ferme de lui-même par son propre poids et que la pression des eaux maintient fermé. On bouche ensuite successivement l'ouverture du tuyau de trop plein et celle pour le dégagement de l'air, lorsqu'elle laisse échapper de l'eau.

Dans les galeries très larges les pièces qui forment le serrement droit seraient écrasées, lorsque la charge d'eau est considérable; on emploie alors des *serrements sphériques*, ou portions de sphère, formés de pièces de bois contiguës cuneiformes, taillées en forme de troncs de pyramides à quatre faces, et picotées comme précédemment contre les parois de la galerie, préalablement entaillée de manière à présenter la forme d'un tronc de pyramide ; on picote en outre tous les joints des pièces. Les ouvriers se retirent ensuite par une ouverture centrale et légèrement conique, que l'on bouche avec un tampon de même forme qui se trouve serré par la pression des eaux.

Les plates-cuves se font ordinairement en construisant au-dessous des cuvelages, et à une certaine distance l'une de l'autre, deux voûtes sphériques en briques et mortier hydraulique, entre lesquelles on augmente l'épaisseur du murailement par un nouveau rang de briques.

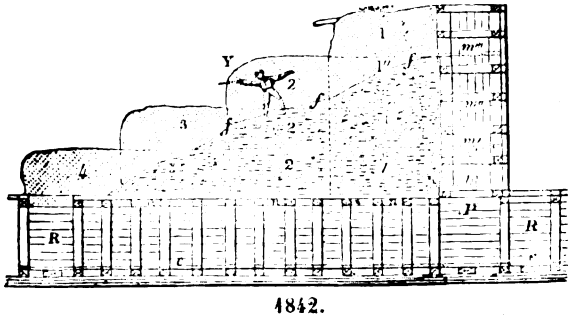
Digitized by Google

Méthodes diverses d'exploitation.

Les diverses méthodes d'exploitation que l'on doit suivre dans tel ou tel cas dépendent surtout de la nature des gîtes. A cet égard, les gîtes se divisent en deux grandes classes : la première, qui renferme la plupart des filons métalliques, comprend ceux où les minerais utiles sont associés à des matières stériles ou gangues, que l'on peut séparer en partie par un premier triage fait dans la mine même, afin de s'en servir ensuite à effectuer un remblayage assez complet pour soutenir les parois et prévenir les éboulements; la seconde, qui renferme surtout des couches ou amas de combustibles minéraux, de sel gemme ou de matières pierreuses, comprend les gîtes où les matières stériles que l'on peut séparer des minerais ne suffisent pas pour opérer un semblable remblai. Dans ces deux classes les méthodes d'exploitation varient encore suivant la puissance des gîtes, et la solidité des épontes et du gîte lui-même, et suivant que l'allure et la richesse des gîtes sont régulières ou non; dans ce dernier cas, on fait précéder l'exploitation proprement dite par des travaux d'exploration, que l'on dirige de manière à ce qu'ils servent en même temps à l'aménagement du gîte.

Lorsque le gîte est peu puissant, on l'exploite *par grandes tailles couchées dans le plan du gîte et remblayées au fur et à mesure*. Dans les filons, qui sont presque toujours fortement inclinés, les fronts de taille sont découpés en forme de gradins renversés ou de gradins droits. Dans tous les cas, on commence par diviser, la partie du gîte à exploiter, en massifs longs ou carrés, par des galeries horizontales tracées sur le mur suivant la direction, et dites *galeries d'allongement*, distantes entre elles de 20 à 40^{m}, et par des *cheminées* tracées suivant l'inclinaison ou la plus grande pente, dont l'espacement varie avec les besoins de l'aérage. On exploite généralement ces massifs par étages successifs en allant de haut en bas; mais les massifs considérés en eux-mêmes sont tantôt exploités de bas en haut, comme dans la méthode des gradins renversés, tantôt de haut en bas, comme dans la méthode des gradins droits.

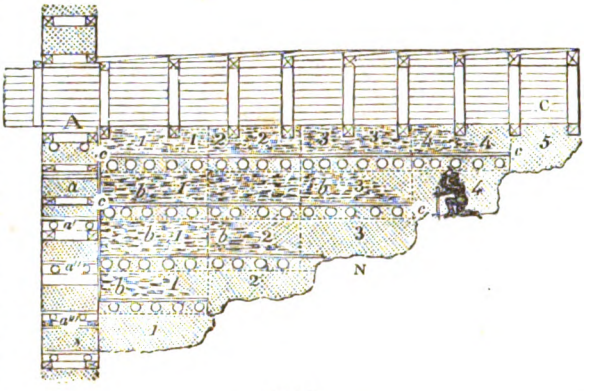
Dans la méthode par *gradins renversés* (fig. 1842), on P P est un puits ou cheminée qui limite le massif Y,



1842.

et RR la galerie d'allongement inférieure, chaque gradin a de 1^{m},50 à 2^{m} de hauteur sur 3^{m} environ de longueur, et n'occupe généralement qu'un ouvrier; chaque ouvrier remblaie derrière lui avec les débris stériles de l'exploitation, et c'est sur ces remblais que s'élèvent les ouvriers qui le suivent. On ménage de distance en distance, au milieu des déblais et suivant l'inclinaison, des cheminées pour jeter les minerais dans la galerie de roulage inférieure.

Dans la méthode par *gradins droits* (fig. 1843), le massif est attaqué en descendant, de telle sorte que le front de la taille présente la forme d'un escalier droit. Les ouvriers remblaient derrière eux sur des planchers établis à cet effet, et ménagent au milieu des remblais des voies de roulage horizontales pour le transport des



1843.

minerais. Ce mode d'exploitation exige donc une dépense en boisage beaucoup plus grande que celui par gradins renversés; aussi ce dernier est-il généralement préféré comme plus économique, dans l'exploitation des filons métalliques inclinés de 45 à 90° sur l'horizon.

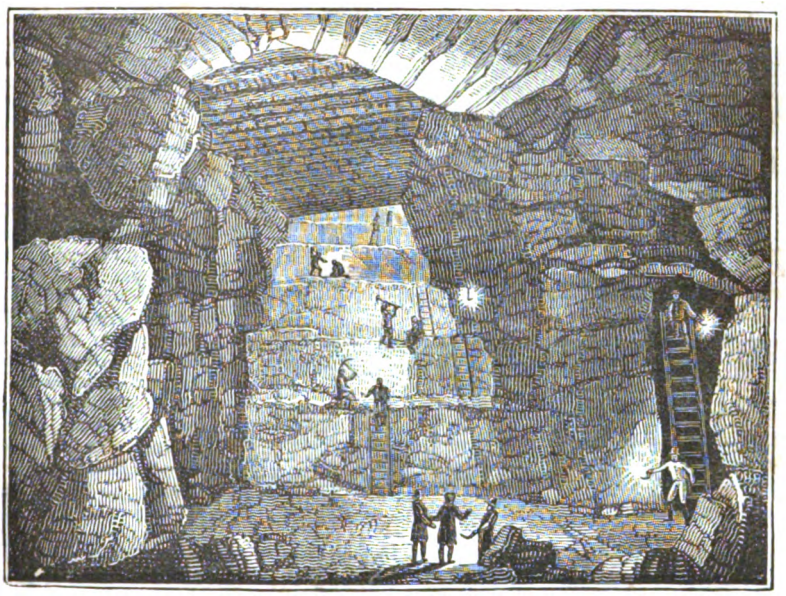
La fig. 1844 donne la vue perspective d'une grande taille par gradins droits, dans une roche dont la solidité permet de se passer de remblais, comme dans beaucoup de mines de sel gemme, et de carrières de pierres et d'ardoises.

Quelquefois les couches sont très peu inclinées, comme on le voit dans le schiste cuivreux du Mansfeld (figure 1845; 12, est la couche de schiste cuivreux), et dans son prolongement dans la Hesse, à Riechelsdorf (fig. 1846; 10, est la couche de schiste cuivreux); alors on atteint le pied de la couche que l'on veut exploiter, soit par un puits vertical, soit par une galerie à travers bancs, suivant que cette partie est peu inclinée ou très inclinée sur l'horizon; puis on exécute dans le gîte une galerie d'allongement, à laquelle on donne une hauteur suffisante pour le roulage; on divise ensuite la partie de la couche en amont de cette galerie en massifs rectangulaires ou rhomboïdaux, par deux systèmes de galeries, dont les unes sont horizontales et suivent la direction du gîte, et dont les autres sont perpendiculaires ou obliques aux premières, selon la pente du gîte, de manière à ce que les minerais jetés dans ces dernières galeries puissent arriver d'eux-mêmes à la galerie horizontale inférieure. On exploite les massifs ainsi obtenus par une série d'ouvriers placés en retraite les uns au-dessus des autres, de façon que si on relevait le front de la taille dans un plan vertical, il présentât la forme de gradins renversés.

Les couches de houille peu épaisses des environs de Valenciennes et de Mons sont exploitées par la même méthode (fig. 1847). On ouvre successivement, dans la partie de couche à abattre, une série de tailles ou gradins de 2 à 4^{m} de large à côté les uns des autres, et on place un ou deux ouvriers devant chaque gradin. Tantôt on ménage des galeries de roulage à travers les remblais, tantôt on remblaie entièrement l'espace excavé, sauf la partie où se tiennent les ouvriers et la

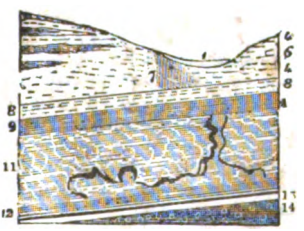
Digitized by Google

galerie principale d'allongement *c c*, et le charbon abattu suit le front des tailles pour arriver à la galerie d'allongement. Pour consolider les voies de roulage, on ménage à droite et à gauche des galeries de roulage

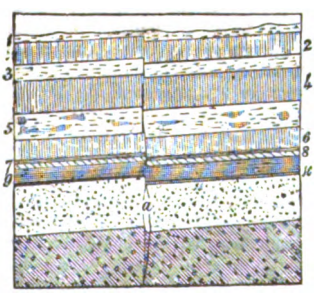


1844.

principales, comme l'indique la figure, des massifs intacts et percés seulement des ouvertures nécessaires pour la communication avec les tailles. Dans les mines de houille, il convient de séparer les tailles elles-mêmes par des massifs intacts, que l'on enlève ultérieurement, quand les premières tailles sont arrivées aux limites du champ d'exploitation, afin, en cas d'accident, tel que l'incendie ou l'inondation d'un compartiment, de pouvoir isoler ce compartiment par des serrements ou digues, en bois ou en maçonnerie, tandis que, sans cette précaution, la mine entière devrait être abandonnée jusqu'à ce qu'on eût porté remède au mal.

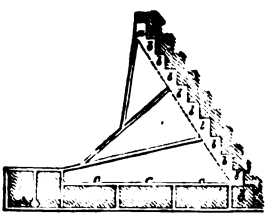


1845.



1846.

Dans la méthode d'exploitation par grandes tailles remblayées à mesure, que nous venons de décrire, il n'est pas nécessaire que les matières stériles soient en quantité suffisante pour opérer un remblai complet ; il suffit qu'à l'aide de quelques étais en bois, de tas de déblais, ou de murs en pierres sèches dont les intervalles ne sont qu'incomplétement remplis par des menus déblais, on puisse prévenir les éboulements partiels et immédiats devant le front de la taille, de façon à ce que les mouvements de terrain se fassent en arrière des ouvriers, dans les parties déjà exploitées. C'est ainsi, par exemple, que s'exploite la pierre à bâtir dans les carrières souterraines des environs de Paris.



1847.

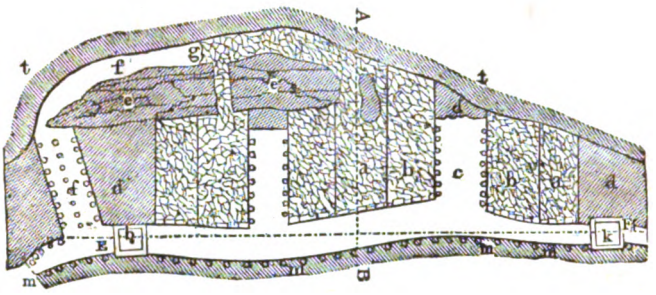
Quelques filons ou amas métallifères sont trop puissants pour qu'il soit possible de les exploiter par les méthodes précédentes. On leur applique alors la méthode *en travers*, qui consiste à pousser les tailles transversalement au gîte, à en soutenir provisoirement les parois par des boisages, et plus tard à les remblayer avec les déblais stériles provenant de l'ouverture de tailles voisines.

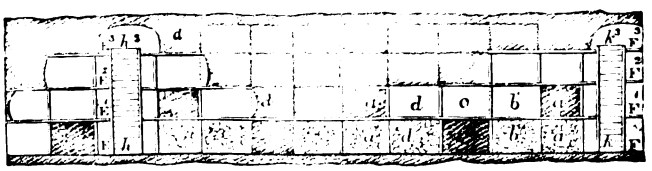
Ce mode d'exploitation est représenté dans la figure 1848, qui en donne le plan, et dans les fig. 1849 et 1850 qui sont des coupes verticales faites suivant les lignes FE, AB, du plan : *mm* est le mur et *tt* le toit du gîte des minerais qu'il s'agit d'exploiter. Une première galerie d'allongement EF étant pratiquée au mur, on établit transversalement à cette galerie une série de tailles horizontales *a*, *a*, telles qu'entre deux il se trouve un espace suffisant pour en placer trois autres, et on les prolonge jusqu'à la rencontre du toit, en soutenant le faîte et les parois, s'il est nécessaire, par un boisage provisoire ; on les remblaie ensuite avec des déblais posés sur des pièces de bois ou planches placées sur le sol, afin que si, par la suite, on exploite au-dessous, il ne puisse survenir aucun éboulement. On exploite ensuite de la même manière et successivement les tailles *b*, *c*, *a*. On prépare en même temps l'exploitation des étages supérieurs E'F', E^2F^2, E^3F^3, au moyen de puits hh^3, kk^3, pratiqués de bas en haut sur

Digitized by Google

le mur *mm*, et de galeries d'allongement partant de ces puits et successivement établies au niveau de ces étages. On voit que l'exploitation va de bas en haut, et que

1848.

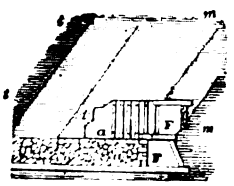




1849.

l'ensemble des travaux présente l'aspect général d'ouvrages à gradins renversés sur la fig. 1849.

Il est certain qu'il y aurait avantage dans beaucoup de cas à remplacer les petites tailles, ordinairement employées, par de larges tailles horizontales, en remblayant en arrière au fur et à mesure, et ménageant dans les remblais les voies de roulage et d'aérage nécessaires. On réduirait ainsi de beaucoup les frais de boisage provisoire et de transport des remblais. Si les tailles ne fournissaient pas une quantité de déblais suffisante pour un remblai complet, on pourrait encore appliquer cette méthode; seulement au lieu d'exploiter les massifs par étages allant de bas en haut, il faudrait les exploiter par étages allant de haut en bas. Les tailles terminées, on les remblaiera en retirant successivement les boisages provisoires en revenant du toit vers le mur du gîte et provoquant ainsi l'éboulement du plafond de la taille; on empêchera les déblais de couler dans la galerie d'allongement principale en les maintenant par un mur ou un boisage convenable. C'est ainsi que sont exploitées les couches puissantes et très inclinées de houille, telles que celles du Creusot, etc.



1850.

On emploie aussi cette méthode en procédant par étages successifs en descendant nombre de mines métalliques, telles que celles de mercure à Almaden, etc.

Il nous reste à dire quelques mots sur l'exploitation des gîtes dans lesquels les matières stériles ne sont pas en quantité suffisante pour opérer un remblai capable de soutenir les excavations; c'est le cas de la plupart des couches de houille. Comme nous avons déjà donné quelques détails à ce sujet au mot HOUILLE, et que, depuis quelques années, on commence à exploiter la plupart de ces gîtes par des méthodes analogues à celles que nous venons de décrire et au moyen de remblais rapportés, ce qui offre l'avantage de prévenir les mouvements de terrain, et par suite les chances d'incendie et d'inondation, la quantité d'eau à épuiser et la proportion de houille menue, nous nous bornerons à quelques principes généraux d'exploitation.

Lorsque les couches ont de 2 à 3 mètres, et même jusqu'à 5 mètres d'épaisseur, on les exploite le plus ordinairement, en divisant d'abord le champ d'exploitation, en massifs ou piliers longs, rectangulaires ou à base de parallélogramme suivant la direction des fissures de la roche ou de la houille à abattre, au moyen de galeries qui sont tantôt de simples travaux préparatoires, tantôt de véritables chantiers ou tailles d'exploitation; puis, en procédant ensuite à l'enlèvement des massifs longs, ou au dépilage, en revenant sur ses pas, à partir des limites du champ d'exploitation, et laissant ébouler derrière soi. Il convient, comme nous l'avons fait remarquer en parlant de l'exploitation par grandes tailles des couches de houille d'une faible épaisseur, de diviser le champ d'exploitation en plusieurs compartiments, ou chantiers d'exploitation, que l'on puisse aisément au besoin isoler les uns des autres.

Dans le cas de couches parallèles superposées, l'exploitation doit commencer par les couches supérieures et procéder de haut en bas. On agit de même lorsqu'on veut exploiter par cette méthode et en plusieurs étages une couche puissante.

On exploite par piliers carrés, abandonnés en grande partie dans l'excavation, les substances en couches puissantes, quand elles ont peu de valeur et une grande solidité; telles sont les pierres à bâtir en couches épaisses, les ardoisières et les couches épaisses de sel gemme et de gypse. Trop souvent on exploite de la même manière des couches de houille d'une grande puissance, mais ce n'est jamais qu'avec beaucoup de danger pour les ouvriers et une grande perte de houille, aussi ne convient-il jamais d'employer cette méthode dans ce cas.

Lorsqu'il s'agit de couches de houille puissantes, on doit toujours les exploiter par étages successifs en descendant, et toutes les fois que cela est possible avec remblais rapportés.

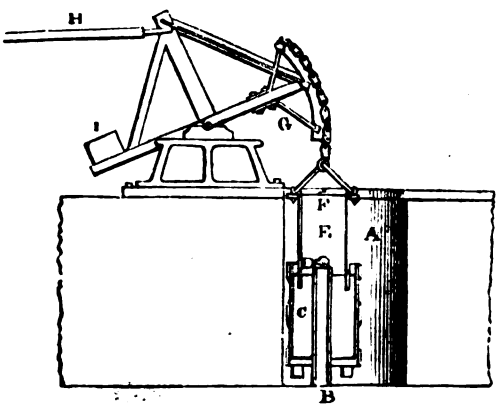
Enfin, pour extraire les minerais enfouis dans d'anciens travaux éboulés, on fait en sorte d'arriver par une galerie creusée dans une roche solide, ou parfaitement consolidée par de forts boisages jusqu'au point où les roches éboulées contiennent assez de minerai pour pouvoir être exploitées avec bénéfice. Arrivé là, on provoque un éboulement, et l'on soumet les roches éboulées à un triage. Ce mode d'exploitation est, en général, plutôt un accident dans une mine qu'une méthode particulière d'exploitation. Dans quelques cas, cependant, on provoque les éboulements au milieu d'un gîte neuf. Telles sont les exploitations des schistes alumineux de la vallée de la Meuse où l'on procède de haut en bas, par étages successifs, que l'on recoupe par des galeries soutenues par des boisages, et que l'on fait ensuite ébouler peu à peu en retirant ces boisages. On extrait ensuite les schistes éboulés au moyen de galeries boisées allant du mur au toit et que l'on déboise après en reculant pour amener de nouveaux éboulements.

Aérage des mines.

Nous avons déjà parlé avec détails de l'aérage des mines et des lampes de sûreté au mot HOUILLE (page 1940), de sorte qu'il ne nous restera que peu de chose à dire ici pour compléter cet article.

Digitized by Google

Dans les mines métalliques convenablement exploitées, l'aérage naturel est presque toujours suffisant; mais il en est rarement de même dans les mines de houille. On emploie alors dans celles-ci, pour déterminer une circulation d'air suffisamment active dans l'intérieur de la mine, tantôt des foyers d'aérage, tantôt des machines soufflantes ou aspirantes. La fig. 1851 représente une de ces machines aspirantes, qui se compose d'un cylindre en fonte E, équilibré par un contre-poids I, et



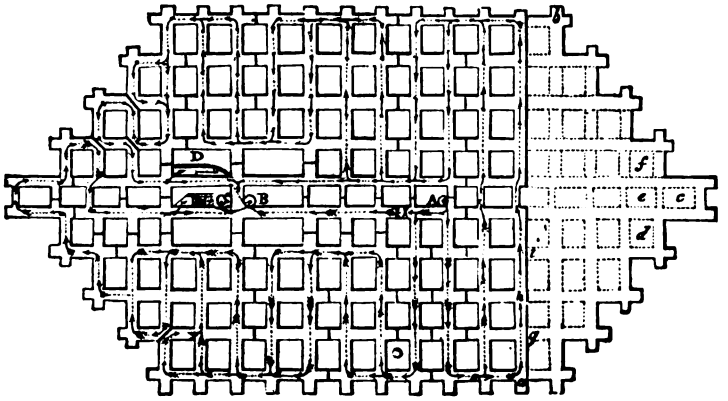
1851.

qui reçoit, par l'intermédiaire du tirant H, un mouvement vertical alternatif. Ce cylindre se meut dans une bâche C remplie d'eau et traversée par le tuyau B, qui sert pour l'aspiration de l'air vicié et est surmonté par une soupape D s'ouvrant de bas en haut; cet air s'échappe ensuite au dehors en soulevant la soupape F, qui s'ouvre de bas en haut, lors de la descente du cylindre E.

Dans les mines de houille exploitées par des tailles dont le front est très étendu, comme c'est le cas dans la Belgique et le département du Nord, et en arrière desquelles on remblaie, au fur et à mesure, le courant d'air qui arrive par la voie de roulage est divisé en autant de branches qu'il y a de grandes tailles. Chaque branche arrive sur le front de la taille, en suivant la voie de transport qui y aboutit, et s'échappe ensuite, en entraînant les gaz nuisibles ou *mofettes*, par une voie particulière qui la conduit au puits de sortie. Quand les tailles ont une faible étendue, ou que le dégagement des gaz nuisibles est peu abondant, on peut sans inconvénient faire passer successivement le même courant d'air sur plusieurs tailles. Enfin, lorsque les gaz nuisibles sont plus légers que l'air comme cela a lieu dans toutes les mines de houille infectées de *grisou*, c'est-à-dire où il y a un dégagement abondant d'hydrogène carboné, il convient, pour avoir le meilleur aérage possible, que le courant d'air circule toujours en montant ou au moins horizontalement et jamais en descendant : la vitesse du courant doit être de 0m,40 à 0m,80, suivant l'abondance plus ou moins grande des mofettes.

Dans les exploitations de houille par piliers longs ou carrés que l'on dépile ensuite à partir des limites du champ d'exploitation, on divise la mine en plusieurs labyrinthes séparés au moyen de barrages en planches et quelquefois en maçonnerie, qui forcent l'air à suivre ainsi les voies qu'on lui trace. Dans les points où l'on doit diviser le courant d'air, on emploie des portes munies de guichets qui servent à régler la distribution de l'air. Dans les galeries de roulage où il doit y avoir un barrage, ce barrage est double, quelquefois triple, et présente la forme d'un sas d'écluse, afin que le passage d'un convoi de chariots ne puisse changer le sens du courant d'air. Les travaux abandonnés, dans lesquels on ne pénètre plus, sont isolés des travaux en activité, soit par des piliers massifs, soit par de fortes digues en maçonnerie.

Autrefois, dans les mines dont nous venons de parler, l'exploitation se faisait en commençant le dépilage en allant du centre aux limites du champ d'exploitation, et en faisant circuler le courant d'air sur le front des tailles; la non division du courant d'air rendait les frottements plus considérables et, par suite, l'aérage moins actif, et, d'un autre côté, le groupe de travaux abandonnés au centre de la mine devenait un vaste réservoir rempli de gaz nuisibles, qui se répandaient souvent à l'improviste et en très grande abondance dans les galeries fréquentées, et y donnaient quelquefois lieu à des accidents. Actuellement, comme nous l'avons dit, le dépilage a lieu en sens inverse; le courant d'air divisé par des barrages convenables lèche non seulement le front des tailles, mais il parcourt encore toutes les galeries du champ d'exploitation, et le foyer d'aérage est alimenté, s'il est nécessaire, par un courant d'air non vicié, tandis que le courant chargé de gaz inflammables débouche dans le puits de sortie à une assez grande distance de la cheminée du foyer pour qu'une étincelle ne puisse pas y mettre le feu. Il est rare que, dans une mine ainsi aérée, il soit nécessaire de donner au courant d'air une vitesse supérieure à 0m,60. La fig. 1852 donne le plan d'une mine exploitée et aérée comme il vient d'être dit : A, est le puits d'arrivée de l'air; B, le puits de sortie; C, le foyer d'aérage; D, la voie particulière qui conduit l'air vicié dans



1852.

le puits de sortie; *ab...g*, la partie du champ d'exploitation déjà dépilée. Le sens du courant d'air est indiqué par des flèches.

On opère la circulation de l'air d'une manière analogue lorsque l'on a adopté, pour l'exploitation, la division en compartiments, dont nous avons parlé plus haut.

Dans les mines à grisou, et particulièrement dans celles où il existe de vieux travaux abandonnés dans

Digitized by Google

lesquels l'air ne circule point, la quantité de gaz inflammable qui se dégage varie en raison inverse de la pression atmosphérique. Il en résulte que l'on doit augmenter l'activité de l'aérage toutes les fois que le baromètre baisse.

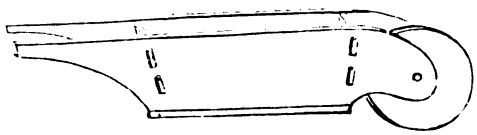
Pour terminer ce qui est relatif à l'aérage des mines, il nous reste à parler des *explosions*, malheureusement trop fréquentes, qui ont lieu dans les mines à grisou. L'explosion, provenant le plus souvent d'un aérage insuffisant, et quelquefois d'une irruption imprévue d'une grande quantité de gaz inflammables sortant d'une cavité ou de vieux travaux, donne lieu à la production d'une grande quantité de vapeur d'eau et d'acide carbonique, qui prennent subitement un volume considérable sous l'influence de la température élevée qui se développe. Son effet immédiat est d'interrompre tout à coup la circulation du courant d'air ventilateur, de la refouler en arrière, et en même temps de renverser les obstacles qui s'opposent à l'extension du gaz dans tous les sens. Le courant des gaz brûlés arrive par la voie la plus facile et la plus large à un ou plusieurs puits aboutissant au jour, et renverse ou détériore plus ou moins les machines placées à la surface. Un petit nombre d'ouvriers sont atteints directement par l'explosion ; la plupart périssent par asphyxie.

La division des mines d'une certaine étendue, en compartiments ou chantiers d'exploitation séparés les uns des autres par des massifs de houille suffisamment solides, et percés seulement des ouvertures nécessaires pour la circulation de l'air et le passage des ouvriers, est une des meilleures dispositions que l'on puisse prendre pour éviter qu'à la suite d'une forte explosion toute la mine soit infectée. Il est également essentiel que les galeries et puits de retour d'air offrent un passage plus facile et plus large que les puits et galeries d'entrée ; néanmoins on fait souvent le contraire par économie, les voies de retour d'air ne servant ni au roulage, ni à l'extraction. Il en résulte alors que les produits gazeux de l'explosion prennent ce chemin, et tendent à déterminer dans le moment un aérage plus actif. Enfin, pour faciliter cet aérage et pour empêcher que le courant ne change de sens, on place dans l'intervalle de chaque barrage double des portes de sauvetage en bois, mobiles autour d'un axe horizontal situé près du faîte de la galerie, et maintenues relevées dans une position horizontale par une sorte de crochet, qu'il suffit de faire tourner pour que la porte tombe. Ce crochet a un manche, auquel est adaptée une plaque assez large qui, en cas d'explosion, reçoit le choc du courant, de sorte que la porte est décrochée par l'explosion même. Cette porte flottante maintient provisoirement la circulation de l'air, et n'oppose aucun obstacle à la sortie des ouvriers qui, surpris par l'explosion, cherchent à gagner des galeries non infectées. L'emploi de ces moyens préventifs peut assurer contre toutes chances de renversement du courant ventilateur. Alors les foyers d'aérage peuvent continuer leurs fonctions aussitôt après l'explosion, et permettre de rentrer dans la mine et d'en retirer presque toujours les ouvriers, qui n'ont été qu'asphyxiés, avant que l'asphyxie ne soit complète.

Dans les mines métalliques et beaucoup de mines de houille, les ouvriers s'éclairent avec des chandelles ou des lampes à huile ou à graisse ; dans les mines à grisou, ils emploient les LAMPES DE SURETÉ, que nous avons décrites dans un article séparé.

Transport des minerais.

Sur des voies tout à fait irrégulières et pour de très petites distances le transport se fait à dos. Dans quelques galeries descendantes on se sert de traîneaux ; lorsque la galerie est très inclinée, on attache les traîneaux à une chaîne sans fin, dont le frottement sur le sol modère la descente, et qui sert souvent aussi à remonter les traîneaux. Au lieu de traîneaux, on emploie souvent, dans les voies descendantes, des wagons roulant sur un chemin de fer, et disposés de la même manière, avec un frein ordinaire à la tête du plan incliné dit *plan automoteur*. Pour des distances peu considérables, dans des galeries horizontales ou peu inclinées, on emploie quelquefois des brouettes à une (fig. 1853) ou deux roues. Dans beaucoup de mines métalliques on se sert, pour le transport des minerais d'un *chien de mine*, caisse prismatique longue, haute et étroite, portée sur quatre roulettes



1853.

placées sous le fond et circulant sur deux lignes de solives en bois qui laissent entre elles un intervalle de 0m,03 environ, dans lequel s'engage une cheville directrice en fer fixée verticalement au milieu de l'essieu antérieur du chien, qui est poussé par derrière et non traîné ; le roulage au chien de mine est le seul qui puisse être employé dans les galeries très étroites et tortueuses. Enfin, dans les galeries longues et suffisamment régulières, horizontales ou inclinées, le transport s'effectue au moyen de chariots ou wagons, traînés par des hommes ou des chevaux, et roulant sur des bandes de bois, de fonte ou de fer forgé. Tantôt le minerai, ou la houille, est placé directement dans le chariot, tantôt, afin d'éviter le transvasement, il est chargé dans des bennes que l'on place sur le chariot, qui se réduit alors à une plateforme portée sur quatre roues.

Dans quelques cas très rares, les transports dans l'intérieur des mines se font par eau, dans des canaux souterrains.

Extraction des minerais.

Dans les puits verticaux et peu profonds, l'extraction se fait au moyen d'un simple treuil à manivelles manœuvrées par deux ou quatre hommes ; on charge alors les cuveaux d'un poids de 50 à 100k. Lorsque les masses à élever sont d'un poids considérable et ne doivent pas être divisées, comme dans les carrières de pierre de taille, on emploie, au lieu de manivelles, de grandes roues à chevilles.

Lorsque les quantités de matières à extraire sont considérables, l'extraction s'opère au moyen de machines dites *barytels*, qui sont mues par des chevaux, des roues hydrauliques ou des machines à vapeur. Le barytel à chevaux consiste toujours en un cabestan vertical, dont l'arbre porte un tambour d'un assez grand diamètre ; deux câbles s'enveloppent en sens inverse l'un de l'autre sur ce tambour, et vont passer sur de grandes poulies ou *molettes*, supportées par une charpente établie au-dessus du puits dans lequel se meuvent les tonnes attachées à l'extrémité des câbles, l'une d'elles monte et son câble s'enroule autour du tambour, tandis que l'autre descend et que son cadre se déroule. Lorsque les puits sont inclinés, on remplace les tonnes d'extraction par des caisses prismatiques pourvues de roues qui circulent sur des rails ou des lignes de solives placées sur le mur, comme l'indiquent les fig. 1840 et 1841, page 2673. Dans les barytels à eau et à vapeur, les câbles d'extraction s'enroulent autour de tambours presque toujours horizontaux. Le plus souvent les roues hydrauliques sont placées sur l'axe même des tambours, et sont construites avec deux rangs d'augets tournés en sens inverse les uns des autres, afin de pouvoir changer à volonté le sens de la rotation. Les machines à vapeur employées pour l'extraction des minerais sont tantôt ver-

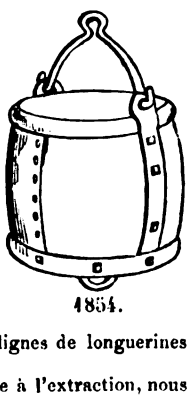
Digitized by Google

ticales, tantôt horizontales ; dans tous les cas, elles sont munies d'un mécanisme analogue à celui des locomotives ou à celui des machines de bateaux à vapeur, et qui permet de renverser instantanément le sens du mouvement.

Les câbles qui servent à l'extraction sont ronds ou plats, en chanvre ou en fil de fer, et goudronnés (voyez CABLES). Si les tambours étaient cylindriques, pour des puits d'une grande profondeur, le poids des câbles ferait varier dans des limites très étendues la somme des moments des forces agissant tangentiellement aux tambours et, par conséquent, la force motrice. On remédie à cet inconvénient en enroulant les câbles ronds sur des tambours coniques, et en disposant les tambours pour câbles plats de manière que ceux-ci s'enroulent sur eux-mêmes en spires successives.

Dans les mines qui sont en partie asséchées par une galerie d'écoulement, on utilise souvent et avec beaucoup d'avantage les cours d'eau qui coulent à la surface, en profitant de la chute de la surface au niveau de la galerie d'écoulement, au moyen de BALANCES D'EAU, qui servent à l'extraction. Lorsque les puits sont très inclinés, l'ensemble de l'appareil offre les mêmes dispositions qu'un plan automoteur, les chariots se composent de deux parties, dont l'une est destinée à renfermer l'eau pendant la descente, et l'autre le minerai pendant l'ascension. On utilise également dans quelques cas particuliers, pour l'extraction du minerai, la descente des remblais rapportés.

Dans les puits verticaux, l'extraction a le plus souvent lieu dans des tonnes en bois cerclées en fer (figure 1854), que l'on accroche tantôt seules, tantôt par groupes de deux, trois ou quatre, à des chaînes qui terminent le câble d'extraction. Dans quelques mines de houille on se sert encore de paniers en osier. Dans d'autres mines, on emploie des plates-formes carrées portant une ligne de rails, sur lesquels arrivent les chariots qui ont servi au transport dans les galeries souterraines, et qu'on y fixe par des traverses. Les plates-formes sont suspendues par quatre chaînes au câble, et guidées, dans leur mouvement ascensionnel, par deux ou quatre lignes de longuerines en bois ou en fer.



1854.

En terminant ce qui se rapporte à l'extraction, nous dirons quelques mots sur la descente des ouvriers dans les mines.

Les ouvriers descendent ordinairement dans les mines et en sortent par des échelles verticales et inclinées, ce qui dans les puits très profonds dépense une très grande partie du travail qu'ils sont capables de fournir. Dans les mines de houille du centre de la France, et dans la plupart des houillères profondes de l'Angleterre et de la Belgique, les ouvriers montent et descendent habituellement par les tonnes, ce qui donne quelquefois lieu à de graves accidents en cas de rupture des câbles, ou de rencontre des tonnes montantes et descendantes, lorsque celles-ci ne circulent pas dans des compartiments séparés.

En 1833, M. *Dœrell*, ingénieur des mines à Zellerfeld dans le Hartz, inventa, pour faire monter et descendre les ouvriers dans les mines, une machine très simple et très ingénieuse, qui est actuellement assez répandue. Cette machine se compose d'un système de deux tirants en bois établis dans le puits, parallèlement, et à une petite distance l'un de l'autre, depuis la surface jusqu'au fond, et qui reçoivent un mouvement rectiligne alternatif de la roue hydraulique ou de la machine servant à l'extraction. Chaque tirant porte des marches dont l'équidistance est égale au double de l'amplitude du mouvement alternatif, et des poignées en fer sont établies à la hauteur convenable, au dessus des marches, pour que l'ouvrier puisse les saisir avec la main. Les tirants sont guidés par des rouleaux et sont munis de plusieurs patins de sûreté, disposés de manière à ce que, en cas de rupture, la partie détachée ne pût jamais tomber que d'une hauteur tout au plus égale à l'amplitude d'une excursion, c'est-à-dire de $1^m,50$ à 2^m. L'ouvrier passe successivement d'un tirant sur l'autre, en se tenant toujours sur les marches de celui qui monte s'il veut monter, et de celui qui descend s'il veut descendre. Des échelles fixes sont placées entre les deux tirants en cas d'accident. Enfin, de distance en distance, il y a des planchers horizontaux, comme dans le cas d'échelles fixes. On a remplacé dans quelques mines les tirants en bois par des échelles en fil de fer, qui sont reliées de distance en distance par des sortes de balanciers qui les rendent solidaires l'un de l'autre, et qui, en les équilibrant ainsi à différentes hauteurs, ont l'avantage de décharger les points d'attache supérieurs, et les parties supérieures des câbles, des points d'attache inférieurs.

Épuisement des eaux des mines.

L'assèchement des mines s'opère, soit au moyen de galeries souterraines qui débouchent dans les vallées voisines, soit à l'aide de machines.

Toutes les fois que l'on peut pratiquer des galeries d'écoulement, on a recours à ce moyen pour assécher les mines en tout ou en partie. En général, on les exécute, autant que possible, à travers bancs, et normalement à la direction des gîtes exploités, avec des embranchements exécutés dans chaque gîte suivant sa direction. La pente doit en être très faible, et leur orifice doit être situé à un niveau supérieur à celui des plus hautes eaux dans la vallée où elles débouchent. Lorsqu'une partie des exploitations est située à un niveau inférieur à celui des galeries d'écoulement, le sol de celles-ci doit être imperméable ; à cet effet, les parties exécutées en galeries d'allongement doivent être entaillées dans le mur et non dans le gîte lui-même, et on doit murailler en forme de canal toutes les parties où le sol n'est pas entièrement imperméable.

Lorsqu'on a recours à des machines pour l'épuisement des eaux, on emploie des sceaux ou tonnes et le plus souvent des pompes.

Dans les puits en creusement, lorsque les eaux sont très abondantes, on les extrait dans les mêmes tonnes que les déblais, au moyen de treuils ou de barytels. On se sert aussi souvent de sceaux ou de tonnes, dans des puits servant à une exploitation régulière, lorsque les eaux sont peu abondantes, et que celles qui arrivent pendant la journée de travail peuvent être facilement contenues dans un puisard ou réservoir de petites dimensions, d'où on les extrait une fois l'extraction journalière terminée et avec les mêmes câbles et les mêmes machines.

Dans tous les cas où l'abondance des eaux exige un épuisement continu on emploie des POMPES. Comme nous traitons de ces machines dans un article spécial, nous n'en dirons ici que très peu de chose.

On emploie assez fréquemment, pour des épuisements temporaires, à de petites profondeurs, des pompes aspirantes en bois d'une construction extrêmement simple, qui sont confectionnées sur la mine même et entretenues par les ouvriers boiseurs. Ces pompes se composent d'un tronc d'arbre foré dont le diamètre intérieur est plus grand à la partie supérieure qui sert de corps de pompe, qu'à la partie inférieure qui sert de tuyau aspirateur et est surmontée d'une soupape à clapet en cuir s'ouvrant de bas en haut ; le piston est en

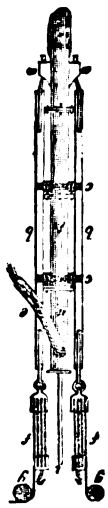
Digitized by Google

bois, garni de chanvre à l'extérieur, creux à l'intérieur et muni de soupapes à clapets s'ouvrant de bas en haut. On employait autrefois pour l'épuisement des mines profondes, et on en trouve encore des exemples dans beaucoup d'anciennes mines d'Allemagne, des pompes en bois de 8 à 10 mètres de hauteur totale, construites comme nous venons de le dire, et établies en cascade les unes au-dessus des autres ; souvent le même puits renferme deux colonnes de pompes en cascade ; chacune d'elle déversant l'eau qu'elle élève dans une bâche au réservoir où elle est reprise par les pompes placées immédiatement au-dessus.

Actuellement, et surtout pour les épuisements à de grandes profondeurs ou pour de grandes quantités d'eau, on se sert de pompes métalliques qui sont de deux sortes, savoir : les pompes élévatoires à piston creux, et les pompes a piston plein.

Les *pompes élévatoires à piston creux* sont les plus anciennes, et sont principalement employées dans les mines de houille du département du Nord et dans la Belgique. Elles se composent d'un corps de pompe alésé en fonte ou en bronze, d'un tuyau d'ascension placé au-dessus, et d'un tuyau placé au-dessous et qui en est séparé par une *chapelle*, sorte de tuyau court fermé par une de ses faces par une porte amovible qui sert à visiter et réparer au besoin les soupapes du tuyau aspirateur et du piston creux. Les tuyaux d'ascension ont un diamètre un peu supérieur à celui du corps de pompe afin de pouvoir retirer au besoin le piston par la partie supérieure; ils sont composés de tuyaux cylindriques en fonte assemblés au moyen de brides plates avec interposition de garnitures en étoupes goudronnées ou d'un disque de plomb. Lorsque la colonne a une grande hauteur, il convient d'imprégner ces tuyaux d'huile siccative au moyen de la pompe de pression, afin d'empêcher l'eau de suinter au travers ; ce procédé peu coûteux, dû à M. *Juncker*, permet d'élever les eaux d'un seul jet à 200 mètres et plus de hauteur verticale. Les tiges des pistons sont ordinairement en bois et, avec leurs armatures en fer, déplacent à peu près un volume d'eau d'un poids égal au leur.

On emploie souvent les pompes élévatoires pour l'épuisement des eaux dans les puits en foncement; dans ce cas, on les supporte au moyen de palans (fig. 1855), et on les descend au fur et à mesure de l'approfondissement des puits.



1855.

Les pompes à *piston plein* sont de deux espèces : les pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe, et les pompes dites pompes à piston plongeur.

Dans tous les cas, les tuyaux d'ascension et d'aspiration sont placés sur la même verticale et séparés par la chapelle ; ils sont munis à leurs points de jonction avec celles-ci de soupapes s'ouvrant de bas en haut; le corps de pompe est latéral et communique avec la chapelle par un tuyau horizontal très court.

Dans les pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe, ce dernier est alésé et ouvert à l'une de ses extrémités, ordinairement à la partie inférieure; il n'agit alors qu'en remontant ; la tige du piston traverse alors le fond supérieur du corps de pompe dans une boîte à étoupes.

Dans les pompes à piston plongeur, le corps de pompe n'est pas alésé ; l'une de ses extrémités est en communication avec la chapelle, et l'autre se termine par une boîte à étoupes dans laquelle joue un piston cylindrique plein alésé à l'extérieur et d'un diamètre de quelques centimètres plus faible que celui du corps de pompes.

Pour alléger le piston plongeur, on le forme ordinairement avec un cylindre creux en bronze fermé à ses extrémités par des fonds reliés par une tige en fer, fixée à la tige motrice, ou par une tige en bois qui le remplit exactement et qui y est solidement serrée. Suivant la disposition du corps de pompe, le piston plongeur refoule l'eau soit en montant soit en descendant. Ces pompes présentent de grands avantages sur les pompes élévatoires, ce qui rend de jour en jour leur usage plus fréquent.

Lorsque les eaux des mines sont corrosives, ce qui arrive fréquemment, il convient d'employer des corps de pompes en bronze, et d'imprégner, comme nous l'avons dit, d'huile siccative, les tuyaux en fonte destinés à former les colonnes pour l'aspiration et l'ascension des eaux. Lorsqu'on emploie des pompes à piston plongeur, on double alors souvent l'intérieur du corps de pompe avec des douves en bois.

La maîtresse-tige des pompes, à laquelle les tiges de celles-ci sont fixées au moyen de potences, lorsque les pompes sont placées en cascade, ou les tiges elles-mêmes dans le cas où l'on élève l'eau d'un seul jet du fond de la mine jusqu'au jour ou jusqu'au niveau de la galerie d'écoulement, est ordinairement en bois, et quelquefois en fer forgé lorsqu'elle doit agir en tirant. Leur diamètre va en diminuant à mesure que l'on s'éloigne de la surface, à cause de leur poids considérable. On les contre-balance souvent au moyen de balanciers et de contre-poids ; lorsque le même puits renferme deux colonnes de pompes et deux maîtresses-tiges, on relie souvent celles-ci à divers niveaux par des balanciers, de manière à décharger les parties supérieures. Enfin, pour prévenir les accidents qui pourraient provenir de la rupture d'une maîtresse-tige ; on la munit de distance en distance d'appendices ou *patins* assez rapprochés les uns des autres, et qui, lorsque la maîtresse-tige arrive au bas de sa course, arrivent presque en contact avec des planches en bois superposées et portées par un fort massif en charpente, qui servent, en cas de rupture, à détruire toute la vitesse acquise par la partie inférieure de la maîtresse-tige.

On emploie, pour mouvoir les tiges des pompes, des roues hydrauliques, des machines a colonne d'eau ou des machines à vapeur.

Les roues hydrauliques sont ordinairement des roues prises en dessus et placées à la surface et à une certaine distance des puits où se trouvent les pompes, auquelles on transmet alors le mouvement par le moyen d'une ligne de tirants en bois, supportés par des rouleaux tournant sur leurs axes, ou suspendus de distance en distance à des tiges en fer équidistantes d'une longueur assez considérable et mobiles autour de leur autre extrémité ; ou enfin, communiquant les uns aux autres au moyen de varlets leviers coudés oscillant autour d'un axe horizontal. Ces divers moyens consomment une portion considérable de la force a transmettre, lorsque la distance à parcourir est un peu grande. Nous sommes convaincus qu'on diminuerait cette perte dans une très forte proportion, dans ce cas, en plaçant une poulie sur l'axe de la roue motrice, laquelle poulie communiquerait le mouvement de rotation continu à une seconde poulie placée près du puits des pompes, au moyen d'un câble sans fin soutenu de distance en distance par de petits rouleaux mobiles sur leur axe. La seconde poulie mettrait les maîtresses-tiges en mouvement au moyen d'une bielle horizontale et d'un levier coudé à angle droit, ou d'une bielle verticale et d'un balancier.

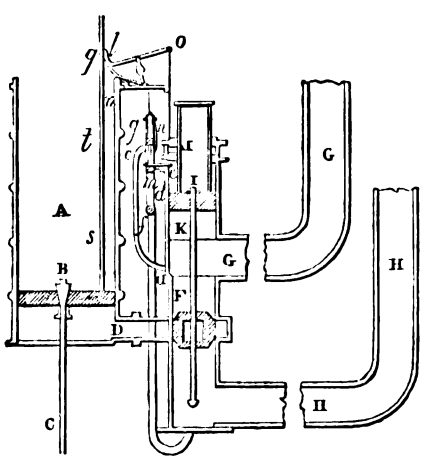
On établit souvent les roues hydrauliques souterrainement, lorsque la chute d'eau motrice est produite par un cours d'eau qui coule à la surface, ou dans une galerie percée à un niveau supérieur à celui de la galerie d'écoulement par laquelle l'eau s'échappe, après avoir agi sur la roue. Le mouvement est alors transmis aux

Digitized by Google

tiges des pompes par des tirants établis dans des galeries souterraines creusées exprès pour les recevoir. Lorsque les chutes d'eau sont considérables, on les utilise quelquefois au moyen d'une série de roues hydrauliques placées à différents niveaux, mais il vaut mieux dans ce cas employer des machines à colonne d'eau.

Les *machines à colonne d'eau* dont l'invention est due à Bélidor (Architecture hydraulique, tome 2, paru en 1739), mais dont la première, encore très imparfaite, ne fut exécutée que dix ans plus tard, par Hœll, à Schemnitz en Hongrie, ont beaucoup de ressemblance avec les machines à vapeur; les effets dus à la pression de la vapeur, dans ces dernières machines, sont produits, dans les machines à colonne d'eau, par la pression de l'eau venant d'un réservoir supérieur et qui est amenée dans le cylindre, entre le fond de ce cylindre et le piston, par un tuyau de chute. Lorsque le piston pressé par l'eau motrice a terminé son excursion, l'eau s'écoule par une issue qui lui est ouverte dans un tuyau de décharge. L'incompressibilité de l'eau exige que les mouvements du piston soient beaucoup plus lents que dans une machine à vapeur, et que l'on prenne certaines précautions pour l'ouverture et la fermeture des tuyaux d'admission et d'évacuation de l'eau; aussi fait-on rarement des machines à colonne d'eau à double effet; elles sont presque toujours à simple effet. On accouple quelquefois deux machines à colonne d'eau à simple effet, dont les pistons s'équilibrent mutuellement; à cet effet, les tiges de ces pistons sont liées par une tige articulée à maillons en fer, qui se plie sur une poulie dont le diamètre est égal à l'intervalle des axes des deux cylindres.

Nous nous bornerons à décrire ici l'une des belles machines à colonne d'eau établies à Huelgoat et Poullaouen en Bretagne, par M. l'ingénieur en chef des mines Juncker. Cette machine est établie à 110^m environ au-dessous de la surface du sol; son cylindre A (fig. 1856) est en fonte et ouvert par le haut : il a $1^m,03$ de diamètre et $2^m,75$ de hauteur. Le piston B est en bronze et n'a qu'une seule garniture en cuir; sa course est de $2^m,30$, et il en fait jusqu'à 5 1/2 par minute; à son centre est adaptée une tige en fer C, qui traverse la base du cylindre, dans une boîte à étoupes, et qui descend verticalement jusqu'au fond du puits, où elle s'adapte immédiatement au piston d'une pompe qui y est établie, et qui élève d'un seul jet les eaux à une hauteur verticale de 230^m. Au bas du cylindre se trouve le tube D, par lequel entre l'eau motrice destinée à soulever le piston, et par lequel elle sort ensuite lorsqu'il descend. Un autre piston E, qui oscille dans la boîte cylindrique F, met alternativement ce tube en communication avec le tuyau de chute aboutissant en G, et avec le tuyau de décharge H, lequel, se recourbant verticalement, remonte l'eau à 14^m d'élévation jusqu'à la galerie d'écoulement. Cette colonne d'eau de 14^m de hauteur, constitue un véritable balancier hydraulique dont on se sert pour équilibrer en presque totalité l'énorme poids de la tige du piston, lequel est de $16,000^k$ environ.



1856.

La pièce principale de la régulation est le piston régulateur E; c'est un cylindre creux en bronze, parfaitement tourné et poli; sa hauteur qui est triple de celle de la tubulure D, est divisée en trois parties; celle du milieu, ayant un peu plus du tiers de la hauteur, est unie à sa surface extérieure; les deux autres sont cannelées, et portent chacune huit cannelures dont la profondeur, d'abord nulle, augmente à mesure que l'on approche de leur base respective, de sorte que leur coupe verticale est un triangle. Supposons maintenant que le piston B soit au bout de sa course, et que le régulateur, se trouvant au milieu de sa marche descendante, bouche entièrement la tubulure et qu'il continue à descendre, comme l'indique la figure 1856. L'eau, qui est sur la tête du régulateur, sous la pression de la chute entière, passant d'abord par le bas des cannelures, ne commencera à arriver, sous le piston, qu'en très petite quantité, et elle ne le poussera en haut qu'avec une vitesse extrêmement faible: l'affluence de l'eau, et par suite la vitesse, augmenteront peu à peu, et elles seront à leur maximum lorsque la base du régulateur, toujours en descendant, se trouvera au niveau du bord inférieur de la tubulure; le piston B sera alors au milieu de sa course ascensionnelle. Dans ce moment, le régulateur, par l'effet d'un mécanisme dont nous parlerons plus loin, prendra une marche ascendante, et il rétrécira les orifices d'entrée de l'eau dans le même rapport qu'il les avait ouverts en descendant; de sorte qu'au milieu de sa marche il bouchera entièrement l'ouverture, il n'arrivera plus d'eau dans le cylindre, et le piston B, qui a atteint le haut de sa course s'arrêtera. Le régulateur continuant à monter, ses cannelures inférieures se présenteront peu à peu devant la tubulure; l'eau qui est dans le cylindre, pressée par le poids du piston et de son attirail, sortira par ces cannelures et gagnera le tuyau d'émission H, et le piston B commencera à descendre très lentement; puis il ira de plus en plus vite jusqu'à ce que le régulateur soit au bout de sa course; il redescendra alors, et il diminuera l'émission de plus en plus jusqu'à la rendre nulle. Il suit de là, que la vitesse du piston, soit en montant, soit en descendant, est d'abord extrêmement petite; qu'elle augmente ensuite graduellement jusqu'au milieu de la course; qu'au-delà, elle diminue peu à peu jusqu'à la réduire à zéro. De cette manière on a évité toute action brusque et toutes secousses, à tel point que se tenant tout près de la machine, on n'entend pas le moindre bruit et on ne perçoit pas la moindre vibration.

Pour contrebalancer l'effort que la colonne d'eau motrice exerce sur la tête du piston régulateur E, on a établi, immédiatement au-dessus, un autre piston I, qui se meut dans la boîte K, d'un diamètre un peu plus grand que celui de la boîte F, et qui est lié avec le premier par une tige en fer. De cette manière, l'eau contenue et pressée dans les boîtes exercera sur le piston I, et de bas en haut, un effort un peu plus grand que celui qu'elle exerce, de haut en bas, sur le piston E; par suite le système des deux pistons tendra à monter et se tiendra naturellement au haut de la course commune. Pour le faire descendre on a surmonté le piston I d'une autre boîte cylindrique renversée L, et de façon qu'il y ait un vide annulaire entre sa paroi extérieure et la paroi intérieure du cylindre K; une garniture en cuir établie au haut de ce cylindre ferme la partie supérieure

Digitized by Google

du vide. Enfin, le cylindre K communique par le tuyau coudé *a b c*, avec le tuyau rectiligne *gh*; dans ce dernier se meuvent deux petits pistons *m* et *n*, liés et disposés entre eux comme le sont E et I. L'eau qui est dans le cylindre K, entre par l'orifice *a*, suit le tuyau *a b c*, puis *c d*, traverse le petit tube de communication *d e*, débouche dans le vide annulaire qui est tout autour de la boîte L, le remplit, et agit alors, sous la charge entière de la colonne de chute sur le bord annulaire de la surface supérieure du piston I; cet effort, se joignant à celui qui s'exerce sur la tête du régulateur E, dépasse celui qui a lieu de bas en haut sur le piston I, et le système descend. Si, après que la descente est effectuée, on élève et place le petit piston *m* entre les orifices *c* et *d*, la communication entre la colonne de chute et l'espace annulaire est interceptée, l'effort exercé à la surface supérieure du piston I n'existe plus, et le régulateur remonte. Ainsi pour le faire monter ou descendre, il suffit de porter le petit piston *m* au-dessus ou au-dessous de l'orifice *d*. La force nécessaire à cet effet sera peu considérable, l'effort que le fluide exerce sur ce piston étant en grande partie équilibré par celui qui a lieu en sens inverse sur le piston *n*. — Lorsqu'on met la machine en mouvement, c'est le machiniste lui-même qui, prenant en main le levier *l o*, porte successivement le piston *m* à la place convenable. Mais ensuite c'est le grand piston B qui continue ce travail. A cet effet, près d'un de ses bords, on a implanté la tringle *p q* portant deux cames *s* et *t*, fixées sur deux de ses faces opposées. Elles agissent sur deux mentonnets placés également sur deux faces opposées du secteur adapté à l'extrémité *l* du levier *l o* : lorsque le piston monte, une des cames lève le levier et par suite les petits pistons; il les baisse dans sa descente.

Ces cames peuvent être fixées sur différents points de la tringle *p q*, et suivant qu'elles sont plus ou moins espacées, la course du grand piston est plus ou moins longue. On fait encore varier cette course en ouvrant plus ou moins les robinets *b* et *f*, par lesquels l'eau entre dans l'espace annulaire ou en sort. On a encore, dans le tuyau de chute, ainsi que dans celui d'émission, une valve circulaire ou registre à l'aide duquel on rétrécit à volonté le passage de l'eau affluente, et celui de l'eau affluente : le rétrécissement du premier diminue la vitesse ascensionnelle du piston, et celui du second diminue la vitesse descensionnelle.

Au lieu du moyen de régulation si parfait que nous venons de décrire, on employait autrefois dans toutes les machines à colonne d'eau, et on se sert encore fréquemment dans celles de faibles dimensions, et où par conséquent il n'est pas indispensable de prévenir toute espèce de vibration, provenant du jeu de la machine, de régulateurs à marteau analogues à ceux employés dans les machines à vapeur de Newcomen, et même encore plus simples, lesquels manœuvrent des soupapes ou le plus souvent des robinets qui ouvrent et ferment les orifices d'admission et d'évacuation de l'eau.

Dans la plupart des cas et surtout dans l'exploitation des gîtes de combustibles minéraux, on emploie, pour l'épuisement des eaux, des pompes mues par des machines à vapeur. Ces dernières sont de constructions très diverses, à simple ou à double effet; celles qui conviennent le mieux dans ce cas sont les machines à simple effet, à moyenne pression, à détente et à condensation, qui ont été décrites avec détail à l'article MACHINE A VAPEUR.

Levé des plans de mines.

Les mines de quelque étendue ne peuvent être bien exploitées qu'à l'aide de plans exacts : nous avons indiqué au mot LEVÉ DES PLANS, les divers procédés que l'on suit pour exécuter ces plans, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Coup d'œil statistique sur les principales mines du monde.

Sous le rapport de leur gisement, on peut diviser les mines en trois grandes classes : 1° Mines situées dans les terrains antérieurs au terrain houiller; 2° mines des formations secondaires et tertiaires; et 3° mines situées dans les terrains d'alluvion.

1° *Mines des formations antérieures au terrain houiller.*

MINES DES CORDILIÈRES. Nous trouvons successivement en allant du sud au nord, dans le Chili, et surtout dans la province de Coquimbo, des minerais d'argent et une quantité considérable de minerai de cuivre très riche, dont une grande partie est exporté et acheté par des Anglais, qui le traitent dans des usines situées aux environs de Swansea.

Plus au nord, on trouve le fameux district des mines d'argent du *Potosi*, sur le versant est de la chaîne des Andes, à 20° de latitude, et plusieurs autres districts très riches, qui faisaient autrefois partie du Pérou, mais qui sont actuellement réunis à la République Argentine. Les mines du Potosi ont été découvertes en 1545, et ont donné depuis cette époque pour plus de 6.000.000.000 de francs d'argent. La teneur en argent du minerai a diminué à mesure que les mines devenaient plus profondes, et depuis le dernier siècle elle est réduite à 0,0003 ou 0,0004. La République Argentine renferme en outre quelques mines de plomb, de cuivre, et d'étain.

Le Pérou renferme des mines importantes de mercure, d'or et d'argent; il y existe aussi des mines de sel gemme près des mines d'argent de Huantajaya, et quelques mines de cuivre.

La mine de mercure de *Huancavelica* est située sur le versant est des Andes, à 13° de latitude, et à environ 2.000^{m} au-dessus du niveau de la mer; elle a alimenté pendant longtemps toutes les usines d'amalgamation du Nouveau-Monde.

Les districts de Huaailas et de Pataz renferment deux mines d'or disséminé dans des filons de quarz; le premier de ces districts renferme aussi des mines de plomb.

Les mines d'argent du Pérou sont principalement situées dans les districts de Huantajaya, Pasco et Chota.

Les mines de la province de Chota produisent annuellement environ 17.000^{k} d'argent; les plus importantes sont celles de Gualcayoc, près Mecuicampa, à plus de 4.000^{m} au-dessus du niveau de la mer, et qui furent découvertes en 1771. Le minerai est composé de sulfure et d'antimonio-sulfure d'argent, avec argent natif, disséminés en veines dans les couches calcaires ou quarzeuses.

Les mines du district de Pasco, à 150 kilomètres au nord de Lima, et à 4.400^{m} au-dessus du niveau de la mer, furent découvertes en 1630. Le minerai est une masse terreuse renfermant beaucoup d'oxyde de fer qui la colore en rouge, avec argent natif, chlorure d'argent, etc., et porte le nom de *Pacos*; la teneur moyenne en argent est de 0,0008. Ces dépôts argentifères paraissent s'étendre à une faible profondeur, car la plupart des mines n'ont que 50 à 90^{m} de profondeur. Au commencement de ce siècle ces mines produisaient annuellement 100.000^{k} d'argent.

En continuant à remonter vers le nord, nous trouvons quelques mines d'or dans la province d'Antioquia et les monts Guamoco. La province de Caracas, renferme à Aroa une mine de cuivre qui produit annuellement de 700 à 800$^{q.m}$ de cuivre. Enfin, il existe une mine de sel gemme très considérable à Zipaquira, dans la province de Santa-Fé, et une mine de charbon de terre, dans la province de Santa-Fé-de Bogota, à 2.700^{m} au-dessus du niveau de la mer.

Le Mexique renferme plus de 3.000 mines d'argent, situées sur les flancs des Cordilières à une hauteur de

Digitized by Google

2.000 à 3.000^{m}, et peut être divisé en huit groupes métallifères :

1° Le groupe d'Oaxuaca, au sud, qui contient outre des mines d'argent, des veines aurifères qui traversent le gneiss et le schiste micacé ;

2° Le groupe de Tasco, à 90 kilom. au S.-E. de Mexico ;

3° Le groupe de Biscania, à 80 kilom. N.-E. de Mexico ; il est peu étendu, mais il renferme quelques mines très riches, Pachuca, Réal-del-Monte, et Moram ;

4° Le groupe de Zimapan, à 160 kilom. N.-E. de Mexico ; outre de nombreuses mines d'argent, il renferme d'abondants dépôts de minerai de plomb, et quelques mines de sulfure jaune d'arsenic ;

5° Le groupe de la nouvelle Gallicie, à 400 kilom. N.-O. de Mexico ; renferme les riches mines du district de Balanos ;

6° Le groupe de Durango et Sonora, à 600 kilom. N.-N.-O. de Mexico ;

7° Le groupe de Chinuahua, à 400 kilom. N. de Durango ; très étendue comme le précédent et de faible importance ;

8° Le groupe central qui renferme les célèbres districts de Guanaxuato, Zacatecas, Catorce et Sombrerete.

Le district de Guanaxuato ne renferme qu'un filon de 43 à 48^{m} d'épaisseur, dans le schiste argileux, reconnu et exploité sur une longueur de plus de 13.000^{m} ; il produit annuellement 450.000^{k} d'argent, et une seule des dix-neuf mines qui l'exploitent, celle de *Valenciana*, en produit 40.000^{k} ; depuis 1764, époque de sa découverte, elle n'en a jamais produit moins de 10 à 15.000^{k} par an. Ces mines atteignent des profondeurs de 5 à 600^{m}.

Le district de Zacatecas ne présente également qu'un seul filon, dans la grauwacke, exploité par plusieurs mines.

Les mines du district de Catorca sont dans le calcaire ; l'une d'elles, qui a 650^{m} de profondeur, rendait annuellement 27.000^{k} d'argent à la fin du siècle dernier. Il y a aussi, dans ce district, des mines d'antimoine.

Enfin, ce groupe renferme aussi des minerais d'étain d'alluvion près du mont Gigante, et des mines de cuivre, produisant annuellement 2.000$^{t.m.}$ de cuivre, dans les provinces de Valladovid et Guadalaxara.

La teneur en argent des minerais du Mexique est très variable ; elle est en moyenne de 0,0018 à 0,0025 ; on traite les plus riches par fusion, et le reste qui forme la majeure partie, par amalgamation. L'argent que l'on obtient contient toujours de l'or, 0,003 environ. Dans ces derniers temps, un Français, M. Duport, y a fait une très belle fortune, en introduisant dans ce pays l'emploi de l'acide sulfurique pour séparer l'or de l'argent.

MINES DES MONTS ALLEGANYS. La chaîne des monts Alleganys qui traverse les États-Unis d'Amérique, renferme un grand nombre de mines de cuivre, plomb et fer, mais dont l'exploitation n'a encore pris que tres peu de développement. Elle présente également de nombreux gites d'anthracite activement exploités.

MINES D'ESPAGNE. Parmi ces mines nous citerons les mines de cuivre de *Rio-Tinto*, les nombreuses mines de plomb des environs d'*Almeira* et d'*Adra*, dans la *Sierra de Gador*, qui produisent annuellement 300.000 q. m. de plomb et les riches mines d'argent récemment découvertes dans les environs de *Carthagène*.

MINES DES PYRÉNÉES. Les Pyrénées ne renferment guère, que des mines de fer oligiste ou de fer carbonaté spathique, parmi lesquelles nous citerons celles de *Sommorostro*, en Biscaye, et celles de *Rancié*, dans le département de l'Ariége. Ces mines alimentent de nombreuses forges catalanes.

MINES DES ALPES. Les diverses mines que l'on rencontre dans les Alpes, sont : quelques mines peu importantes de pyrites aurifères au pied du mont Rose, dans le Piémont, dans le pays de Salzbourg, et aux environs de *Zell*, dans le Tyrol ; les mines de cuivre d'*Agordo* non loin de Venise, d'*Allagne* et d'*Ollemont* en Piémont, et de *Saint-Georges d'Huretières* en Savoie ; les mines d'argent d'*Allemont* et de *Chalanches* dans l'Oisans, département de l'Isère, qui sont abandonnées depuis la fin du siècle dernier ; les mines de plomb et argent de *Macot* et de *Pesey* : sous l'empire, on avait établi une école pratique des mineurs dans cette dernière localité ; et enfin, de nombreuses mines de fer carbonaté spathique, qui alimentent un grand nombre d'usines, en Carinthie, en Styrie, en Savoie, et aux environs d'*Allevard* et de *Rives*, dans le département de l'Isère. Nous citerons encore les mines de fer oxydulé de *Cogne* et *Traverselle*, dans le Piémont, celles de fer oligiste de l'île d'Elbe, et, en Toscane, les fameuses mines de cuivre de *Monte-Catini*.

MINES DU CENTRE DE LA FRANCE. Les principales de ces mines sont : les mines de plomb et argent, de *Villefort* et *Vialas*, dans le département de la Lozère, qui produisent annuellement environ 600 kil. d'argent et 1.500 q. m. de plomb et litharges marchandes ; les mines de plomb et argent de *Pontgibaud*, dans le Puy-de-Dôme, qui produisent annuellement environ 650 kil. d'argent et 1.000 q. m. de plomb et litharges marchandes ; les mines de cuivre de *Chessy* et de *Sainbel*, dans le département du Rhône, qui produisaient, il y a une vingtaine d'années, 2.000 q. m. de cuivre par an, et qui n'en produisent plus guère actuellement que 300 ou 400 q. m. ; de nombreuses mines d'antimoine dans les départements du Gard, de la Lozère et du Puy-de-Dôme, et enfin de nombreux filons de manganèse, parmi lesquels nous citerons ceux de *la Romanèche*, dans le département de Saône-et-Loire.

MINES DE LA BRETAGNE. Les seules mines métalliques importantes de la Bretagne sont celles de plomb et argent de *Poullaouen* et *Huelgoat*, qui renferment de la galène argentifère et des terres rouges argentifères, et qui produisent annuellement 1.200 à 1.300 kilogrammes d'argent, et 5.000 à 6.000 q. m. de plomb et litharges marchandes. Ces mines, dont l'exploitation porte sur 3 filons encaissés dans la grauwacke schisteuse, ou dans des schistes de transition, sont remarquables par trois machines à colonne d'eau de la force de 200 chevaux chacune, que nous avons décrites plus haut, page 2089, et qui ont été établies par M. *Juncker*.

On trouve, en outre, dans les terrains de transition de la Bretagne et dans leur prolongement dans les départements environnants, des gites puissants d'anthracite, lequel sert surtout à la cuisson de la chaux.

MINES DES VOSGES DE LA FORÊT-NOIRE. Les principales mines des Vosges et de la Forêt-Noire sont les suivantes :

La mine de *La Croix-aux-Mines*, dans le département des Vosges, est établie, sur un énorme filon, presque vertical, dirigé du nord au sud, et encaissé dans le gneiss sur le versant occidental des Vosges. Sa puissance est souvent de 50^{m} et s'élève parfois à 80^{m}, et il a été reconnu sur une longueur de 13.000^{m}. Le minerai se compose d'argent natif, d'argent antimonial et d'argent rouge associés à la galène argentifère qui forme la masse métallique dominante, etc. ; on y trouve aussi du cuivre gris qui contient jusqu'à 0,02 d'argent. Ces minerais se trouvent tantôt disséminés, tantôt disposés en veines, en amas ou en rognons, dans une gangue composée de la roche même de la montagne chargée de quarz et de minerai de fer. Ce gite est, sans contredit, le plus considérable qui ait été exploité en France ; par son étendue et par sa richesse, il est en tout comparable aux puissantes mines exploitées depuis quatorze

Digitized by Google

siècles dans le Hartz. Il fut découvert en 1315, et exploité depuis jusqu'à la fin du dix-septieme siècle avec de grands bénéfices; vers 1581, l'exploitation produisait un bénéfice annuel d'environ 750.000 fr. Interrompue par suite des guerres qui signalèrent la fin du dix-septième siècle, ces mines furent reprises plusieurs fois, et bientôt après abandonnées, tantôt par suite d'une exploitation mal dirigée, tantôt par manque de capitaux suffisants : elles sont actuellement abandonnées, cependant le gîte est loin d'être épuisé et renferme encore de grandes richesses.

Les mines de *Sainte Marie-aux-Mines*, dans le département du Bas-Rhin, renferment des filons très nombreux, encaissés dans le terrain de gneiss où il affectent des positions très variées : les filons les plus importants et les plus riches courent, pour la plupart, du N. au S.; les minerais les plus abondants sont un cuivre gris, tenant 0,0100 d'argent, et de la galène argentifère. L'exploitation de ces mines remonte au moins au dixième siècle; à l'époque de leur grande prospérité, vers le milieu du seizième siecle, elles produisaient annuellement 1 625^k d'argent, et occupaient plus de 3.000 ouvriers. Abandonnée lors de la guerre de 30 ans, l'exploitation fut reprise avec succès en 1712. En 1735 elle produisit 1.140^k d'argent, 16.670^k de cuivre et 111.100^k de plomb. Plus tard, ces mines commencèrent à déchoir, et de 1805 à 1833, diverses compagnies tentèrent inutilement de les relever. Néanmoins, des recherches plus récentes sembleraient indiquer qu'elles présentent des chances favorable de reprise.

Les mines de *Giromagny*, dans le département du Bas-Rhin, renferment de nombreux filons encaissés dans le terrain de porphyre brun et dirigés du N. au S. Leur puissance est peu considérable; la gangue est principalement composée de quarz, de chaux carbonatée lamellaire, de chaux fluatée et de baryte sulfatée; les minerais, énumérés suivant l'ordre d'abondance, sont la galène argentifere, le cuivre pyriteux et le cuivre gris argentifère; on y rencontre aussi de la pyrite aurifère. Ces mines ont donné lieu jusqu'à la révolution française à une exploitation très productive. Elles ont été abandonnées depuis; cependant, elles sont loin d'être épuisées, et leur exploitation paraît pouvoir être reprise avec avantage; elles viennent d'être de nouveau concédées en 1843.

Les Vosges renferment encore d'abondantes mines de fer, parmi lesquelles nous citerons celles de *Framont* et de *Rothau*.

A l'étranger, les Vosges renferment les mines de plomb, en grande partie phosphaté, d'*Erlenbach* et de *Katzenthal*, les mines de manganèse de *Cruttnich* et de *Tholey*, au nord de Sarrebrück, renommées pour la qualité de leurs produits, et de nombreuses mines de fer.

Enfin, les montagnes de la Forêt-Noire, renferment de nombreuses mines de plomb argentifère, parmi lesquelles nous citerons celles de *Badenweiler* et de *Hochberg*, et aux environs de *Wolfach*, particulièrement à *Wittichen*, des mines de cuivre, cobalt et argent.

MINES DES ARDENNES ET DES BORDS DU RHIN. Les principales d'entre ces mines sont : les mines de cuivre de *Rheinbreitenbach* et de *Dillenbourg;* les mines de plomb et argent de *Alzau*, *Berncastle*, *Ems*, *Holzappel;* et les nombreuses mines de fer oligiste et de fer carbonaté spathique des pays de Nassau, de Siegen, etc.

MINES DU HARTZ. Le Hartz est un pays très peu étendu qui s'étend autour du *Brocken*, montagne granitique qui a traversé un terrain de grauwacke, lequel s'enfonce lui-même sous le calcaire de transition. Les nombreux filons que l'on y trouve courent généralement du N.-O. au S.-E., et plongent au S.-O. sous un angle de 8°. Les environs d'*Andreasberg*, de *Clausthal*, de *Zellerfeld* et de *Lautenthal*, renferment de nombreuses mines de galène argentifère, de minerais d'argent proprement dits et de minerai de cobalt. Les mines de *Rammelsberg* et de *Lauterberg*, renferment du cuivre pyriteux qui donne lieu à une exploitation très active. On trouve en outre au Hartz, beaucoup de mines de fer qui alimentent un certain nombre de hauts-fourneaux.

MINES DE L'EST DE L'ALLEMAGNE. Sous ce nom nous classerons les mines de l'Erzgebirge, du Fichtelgebirge, du Bœhmerwaldgebirge et du Riesengebirge.

L'*Erzgebirge* renferme un grand nombre de mines métalliques; les principales sont :

En Saxe :

Les fameuses mines de plomb, cuivre et argent de *Freiberg*, qui sont divisées en quatre districts et plus de quatre cents mines, et qui produisent annuellement, outre une certaine quantité de plomb et de cuivre, 11.000^k environ d'argent, dont 1/3 à 1/2 vient de l'usine d'amalgamation ;

Les mines d'argent de *Ehrensfriedersdorf*, *Johann-Georgenstadt*, *Marienberg*, *Annaberg*, *Oberwiesenthal* et *Schneeberg ;* ces trois dernières localités fournissent aussi une certaine quantité de minerai de cobalt; enfin c'est de *Schneeberg* que provient la petite quantité de bismuth que consomme annuellement le commerce ;

Les mines d'étain d'*Altenberg*, *Geyer*, *Seiffen*, etc., et de nombreuses mines de fer;

En Bohême :

Les mines d'argent et de cobalt de *Joachimsthal*, presque entièrement épuisées aujourd'hui; les mines de cuivre de *Katherinenberg ;* les mines d'étain de *Zinnwald* et de *Schlaggenwald*, et de nombreuses mines de fer ;

Le *Fichtelgebirge* ne renferme guère que des mines de fer.

Entre cette chaîne de montagne et Prague, on trouve de nombreuses mines de fer oligiste en filons, les mines de plomb de *Mies* et la mine de plomb argentifère de *Przibram*, l'une des plus importantes de l'Europe, et qui produit annuellement environ 7.000 kil. d'argent et 10.000 q. m. de plomb ou de litharges marchandes.

Dans le *Bœhmerwaldgebirge*, on trouve quelques mines d'argent aux environs d'*Iglau ;* et, près de Krumau, d'importantes mines de graphite, qui en produisent annuellement de 15 à 20,000 q. m.

Dans le *Riesengebirge*, on trouve les mines de cuivre argentifère autrefois très florissantes de *Rudolstadt* et de *Kupferberg*, et la mine de pyrite arsenicale, traitée comme minerai d'arsenic, de *Reichenstein*.

MINES DE HONGRIE ET TRANSYLVANIE. Ces mines forment quatre groupes principaux :

1° Le groupe du N.-O. qui renferme les districts de Schemnitz, Kremnitz, Kœnigsberg, Neusohl, et les environs de Schmœllnitz, Bethler, Rosenau.

Le gisement de *Schemnitz* est tout à fait analogue à ceux de l'Amérique du sud. Il consiste en filons parallèles, en général d'une grande puissance et d'une teneur très variable, dans un porphyre dioritique. Ils renferment du quarz, de la chaux carbonatée ferrifere, de la baryte sulfatée, du sulfure d'argent, de l'argent natif, et de la galène argentifère. Tous le minerai est traité par fusion. Les galenes pauvres sont traitées pour plomb, et donnent du plomb qui est employé dans les usines de Kremnitz, Neusohl et Schernowitz, au traitement par imbibition des minerais d'argent. L'argent que l'on retire des mines de Schemnitz, renferme en moyenne 1/30 d'or.

La ville de *Kremnitz* est à 20 kilom. N.-N.-O. de Neusohl. Le minerai analogue à celui de Schemnitz est plus quarzeux et renferme une plus forte proportion d'or : on y trouve aussi des minerais d'antimoine.

A 25 kilom. au N.-N.-E. de Schemnitz, on trouve les mines de cuivre argentifere de *Neusohl* et *Herrengrund*. Le cuivre qu'on en retire contient 0,004 d'argent.

A 40 kilom. à l'est de Neusohl, on trouve de très

Digitized by Google

nombreuses mines de fer et de cuivre, aux environs de Bethler, Schmœllnitz, Einsiedel, Rosenau, etc. Le cuivre qu'on en retire renferme 0,001 à 0,005 d'argent. Près de Zalathna, il y a une mine de mercure, et une autre d'antimoine près de Rosenau. Enfin, il existe des mines d'opale dans le conglomerat trachytique de Czervenitza.

2° Le groupe du N.-E. renferme un grand nombre de mines dont les plus importantes sont celles de *Nagybania, Kapnick, Felsœbanya*, Misbanya, Laposbanya, Olaposbanya et Ohlalapaz. Toutes ces mines renferment de l'or. Celles de Laposbanya renferment, en outre, de la galène argentifere; on trouve du cuivre à Olaposbanya et à Kapnick, du réalgar à Felsœbanya et de l'orpiment à Ohlalapos. Quelques-unes donnent du manganèse et de l'antimoine. Enfin, on trouve l'importante mine de fer de *Borscha* dans le cercle de Marmarosch, et les mines de plomb et de zinc de Radna sur les frontieres de la Buckowine.

3° Le groupe de l'Est, dont les principales mines sont celles de *Nagyag*, Korosbanya, etc. Elles produisent toutes des minerais aurifères, principalement des tellurures, qui sont fondus à la fonderie de Zalathna. Ces mines contiennent aussi de la galène argentifere, du cuivre, du zinc, de l'antimoine, du réalgar et du manganèse. Il y a d'abondantes mines de fer en couches près de Vayda-Huniad et de Gyalar.

4° Le groupe du S.-E. ou du Bannat, dont les principales mines sont à Orawitza, Moldawa, Szoska et Dognaacza. Elles produisent principalement du cuivre tenant 0,005 d'argent et quelquefois un peu d'or. On y trouve aussi des minerais de plomb et de zinc. Il y a des mines de fer importantes à Dombrawa et Ruchersberg; près de Dombrawa, on trouve également du cinabre. Enfin, ce pays renferme quelques mines de cobalt.

Outre les mines ci-dessus, la Hongrie renferme quelques mines de houille, de nombreuses mines de sel gemme, et des alluvions auriferes sur les bords du Danube, etc.

MINES de L'ALTAÏ. Les mines de l'Altaï ne datent que du milieu du siècle dernier. La plus importante est la mine d'argent de *Zméof;* nous citerons encore celles de Sménofski, Nicolaiski et de Philipofski.

Parmi les autres mines nous citerons les mines de cuivre d'Alciski-Lofteski, et celles de plomb, cuivre et zinc de Tchakirskoy.

MINES DE L'OURAL. Sur les deux versants des monts Ourals, qui séparent l'Europe de l'Asie, on trouve de nombreuses mines de fer oligiste et de fer oxydulé, dont le rendement est rarement au-dessous de 50 à 60 p. 100 de fonte, et qui alimentent un grand nombre de hauts-fourneaux au charbon de bois.

Il y a aussi dans le district d'Ekatherinbourg et surtout sur le versant Est de la chaîne de l'Oural, de nombreuses mines de cuivre, renfermant des cuivres natif, oxydé, carbonatés, sulfuré et pyriteux, généralement très riches. Les plus connues de ces mines sont celles de *Tourinsky* à 120 lieues N. d'Ekatherinbourg, et celles de *Goumeschefsky* à 12 ou 15 lieues S.-O. de la même ville.

Enfin, à 3 lieues N.-E. d'Ékatherinbourg, on rencontre la célèbre mine d'or de *Bérésof*, qui consiste en un fer oxydé, hydraté, caverneux, renfermant de l'or natif disséminé, que l'on en sépare en soumettant le minerai au bocardage, puis lavant les sables ainsi obtenus; c'est dans cette mine que l'on a découvert le chrômate de plomb ou plomb rouge, en 1776.

MINES DE LA DAOURIE. La Daourie est un pays montagneux situé près du lac Baïkal, en Sibérie; elle renferme des mines de plomb et argent très importantes, dont le point central est la ville de Kolywan.

MINES DE LA SUÈDE, DE LA NORWÉGE ET DE LA FINLANDE. La Suède ne renferme guère qu'une mine de plomb et argent assez importante, c'est celle de *Sahla*. En revanche, elle renferme plusieurs mines de cuivre, dont la plus célèbre est celle de *Fahlun* ou de *Kopparberg*, qui était déjà exploitée avant l'ère chrétienne, et surtout d'abondantes mines de fer renommées pour l'excellente qualité des fers qu'elles produisent; les provinces les plus riches, sous ce dernier rapport, sont le Lapland, le Smoland, le Wermeland, l'île d'Utoe, et surtout la Rosslagie en Upland, où sont situées les célebres mines de *Dannemora*. Le minerai de fer est, en général, de l'oxyde magnétique à grain fin et schisteux, en bancs intercalés dans le gneiss ou les schistes de transition les plus anciens. Enfin, la Suède possède plusieurs mines de cobalt très importantes, dont la plus connue est celle de *Tunaberg*, et qui livrent au commerce chaque année une quantité considérable de smalt.

La Norwége renferme des mines d'argent groupées autour de *Kongsberg*, et qui portent sur de l'argent filiforme, quelquefois en grandes masses, et associé avec de l'argent sulfuré; il résulte de ce mode de gisement de grandes variations de richesse; ainsi, le produit annuel qui s'est élevé, en 1768, à environ 9.500k d'argent, s'est trouvé presque nul au commencement de ce siècle. On trouve en outre en Norwége quelques mines de cuivre, dont la plus importante est celle de *Rœreas*, près Drontheim, et de nombreuses mines de fer oxydulé parmi lesquelles nous citerons celles d'*Arendal*, de *Krageroé*, etc. Enfin, ce pays possède des mines de cobalt assez importantes à *Modum* ou *Fossum*.

En Finlande, on trouve quelques mines peu importantes de cuivre et de fer.

MINES DE LA GRANDE-BRETAGNE. Les terrains de transition anciens de la Grande-Bretagne renferment de nombreuses mines métalliques.

Les comtés de Cornouailles et de Devon sont célèbres, depuis la plus haute antiquité, pour leurs mines de cuivre, étain et plomb; ils produisent annuellement 30.000 q. m. d'étain, 93.000 q. m. de cuivre et 9,000 q. m. de plomb. Les minerais d'étain sont fondus sur place; mais les minerais de cuivre sont expédiés dans le pays de Galles pour y être traités dans les usines qui existent aux environs de Swansea. Le Westmorland renferme quelques mines importantes de cuivre, de fer oligiste, et la fameuse mine de graphite de *Borrowdale;* l'Ecosse renferme deux mines de plomb importantes, *Leadhills* et *Strontian*, qui en produisent annuellement 28.000 q. m. On trouve en Irlande quelques mines assez importantes de cuivre, de plomb et de fer. L'île d'Anglesey est célèbre pour ses mines de cuivre. Enfin, la plus grande partie du fer chrômé que consomme le commerce vient des îles Shetland.

Le calcaire métallifère immédiatement inférieur au terrain houiller, et qui constitue plusieurs parties de l'Angleterre, est très riche en minerais de plomb, et y forme trois groupes de mines très importantes. Le premier groupe comprend les comtés du Cumberland, de Durham et d'Yorck, et a pour centre la petite ville d'Alston-Moor; le second groupe renferme le Flintshire, le Denbighshire; et le dernier groupe est formé par le Derbyshire. Il existe, en outre, quelques mines de plomb dans le Shropshire.

2° *Mines des formations secondaires et tertiaires.*

Les mines les plus importantes des formations secondaires sont, sans contredit, celles qui ont pour objet l'exploitation des bassins houillers placés généralement à la partie inférieure des formations secondaires les plus anciennes, et qui ont dû à cette circonstance de devenir presque toujours de grands centres industriels, comme Glascow, Newcastle, Sheffield, Birmingham, Saint-Etienne, etc. En seconde ligne viennent les

Digitized by Google

mines de lignites presque toujours situées dans l'argile plastique, à la base des terrains tertiaires, et les mines d'anthracite, qui se trouvent souvent dans les terrains métamorphiques et particulièrement dans les Alpes, à *Lamure*, etc. (Voyez HOUILLE).

Dans beaucoup de bassins houillers, on trouve, surtout en Angleterre, des couches de fer carbonaté lithoïde en rognons, qui sont exploitées avec de grands avantages.

Les lignites sont presque toujours accompagnés de schistes bitumineux et pyriteux, qui sont exploités pour en retirer de l'alun et du sulfate de fer.

Le Zechstein et le Muschelkalk contiennent de nombreuses mines métalliques, parmi lesquelles nous citerons les mines de cuivre et argent du *Mansfeld* et de la Hesse: les mines de plomb et argent de *Tarnowitz*, en Silésie; les mines de plomb de *Bleiberg*, près Aix-la-Chapelle, de *Villach*, *Kreuth* et *Bleiberg*, en Carinthie; les mines de zinc de *Raibel* en Carinthie, de *Beuthen* en Silésie, de la *Vieille-Montagne* et du *Stohlberg*, près Aix-la-Chapelle; les mines de mercure d'*Idria* en Carniole, du duché des *Deux-Ponts*, d'*Almaden* en Espagne, et de *Huanca-Velica* au Pérou. Dans les terrains précédents, ou dans les marnes irisées, on trouve les mines de sel gemme de *Norwich*, en Angleterre; de *Vic* et *Dieuze*, dans le département de la Meurthe; de *Ischel*, *Reichenhall*, dans le Salzbourg; de *Wieliczka* et *Bochnia*, dans la Gallicie, etc.

A la base du terrain néocomien et dans le terrain jurassique, on rencontre de nombreuses couches de fer oxydé hydraté oolithique, qui alimentent une grande partie des usines de l'est de la France.

3° *Mines des terrains d'allurion.*

Les terrains d'alluvion contiennent, comme nous l'avons déjà dit, des mines très importantes, d'où l'on retire du fer, de l'étain et la presque totalité des pierres précieuses, de l'or et du platine.

TABLE DE LA PRODUCTION DES MINES ET USINES FRANÇAISES EN 1843.

NATURE DE L'INDUSTRIE.	Nombre des mines et des carrières exploitées.	Nombre des usines actives.	Nombre des ouvriers employés dans les mines et usines.	PRODUITS. Poids.	Valeur absolue.	Valeur créée.
				q. m.	fr.	fr.
Exploitation des combustibles minéraux. . .	261	»	29,528	36,925,396	33,684,914	33,684,914
Extraction de la tourbe.	2,498	»	46,249	4,609,082	4,647,962	4,647,962
Mines et usines à fer.	1,891	418	49,735	»	»	152,413,045
Mines et usines à cuivre.	2	2	454	»	»	459,250
Mines et usines à plomb et argent.	5	6	1,222	»	»	931,859
Mines et usines d'antimoine.	5	8	123	»	»	188,314
Mines et usines de manganèse.	2	2	183	»	»	122,984
Exploitation des bitumes minéraux.	9	9	281	»	»	477,699
Exploit. des terres pyriteuses et alumineuses.	15	17	829	»	»	1,848,211
Exploitation du sel marin.	268	»	17,234	3,778,559	15,847,845	15,847,845
Exploitation des carrières de matériaux de construction, ardoise, argile, etc.	21,794	»	75,296	»	»	41,047,549
Élabor. principale des subst. d'origine végét. .	»	15,762	88,234	»	»	159,697,643
TOTAL.	29,650	15,806	309,198	»	»	414,057,212

Bibliographie.

Malgré l'importance que présente l'étude de l'exploitation des mines, eu égard à l'immense développement industriel qui caractérise le siècle où nous vivons, cette étude n'était accessible qu'à un petit nombre de personnes, faute d'un traité qui résumât l'ensemble des connaissances acquises et qui rassemblât, en un seul corps d'ouvrage, les documents épars publiés jusqu'à ce jour. Ce travail vient d'être entrepris et exécuté avec succès par M. *Combes*, successivement professeur d'exploitation des mines à l'École des mineurs de Saint-Étienne puis à l'École des mines de Paris, et nous l'avons consulté plus d'une fois pour la rédaction de cet article. Nous renverrons à ce traité, ceux de nos lecteurs qui désireraient avoir sur ce sujet important des détails plus circonstanciés, détails que les limites de ce Dictionnaire nous ont forcé de supprimer. P. DEBETTE.

MINIUM (*angl.* minium, *all.* mennig). On ne doit pas regarder le minium comme un oxyde particulier du plomb, mais comme un composé de deux atomes de protoxyde et un atome de bi-oxyde de ce métal; il a donc pour formule $2\,Pb\,O + Pb\,O^2$. Celui du commerce renferme constamment des quantités plus ou moins considérables de protoxyde libre, et quelquefois de l'oxyde de cuivre.

Le minium est pulvérulent, rouge jaunâtre, sans saveur ni odeur, susceptible d'être décomposé par la chaleur en protoxyde et en oxygène. A froid, les acides étendus le transforment en protoxyde qui se dissout et en *oxyde puce* ou bi-oxyde insoluble. Si les acides sont concentrés et bouillants, ils le convertissent en sels de protoxyde, et on obtient de l'oxygène. Traité par l'acide hydrochlorique, il est décomposé, et on a du chlorure de plomb, du chlore et de l'eau. A la chaleur de la lampe à alcool, l'hydrogène le ramène d'abord à l'état de protoxyde, puis le réduit si on prolonge la durée de l'expérience. Par la voie sèche, il attaque l'argent en passant à l'état de protoxyde.

On obtient le minium en chauffant le protoxyde de plomb très divisé au contact de l'air. Nous allons, du reste, décrire avec détail la fabrication de cet oxyde important.

Le fourneau destiné à cette opération est un four à réverbère, à deux chauffes renfermées sous la même voûte, dont les fig. 1857 et 1858 sont deux coupes verticales à angle droit l'une de l'autre; ces chauffes, placées de chaque côté, à la naissance de cette voûte, sont éloignées l'une de l'autre de 1m.45, leur largeur est de 0m.32, et leur longueur de 1m.70; chacune d'elles est séparée de son cendrier A par une grille de fer. Les barreaux de ces grilles doivent laisser entre eux un intervalle qui soit tel que le charbon menu ne puisse passer, et que néanmoins il ne s'y forme pas d'engorgement au point

Digitized by Google

d'intercepter le passage de l'air. L'aire *b b* est pavée avec des briques placées de champ, et que maintient en contact un fort cadre de fer de 0m,03 d'épaisseur sur 0m,40 de largeur. Cette disposition est nécessaire pour s'opposer aux infiltrations du plomb à travers les joints.

Cette aire doit être légèrement concave, afin que le métal en fusion puisse se rassembler au centre. Sa distance au sommet de la voûte est de 0m,40.

La communication avec l'extérieur est établie au moyen de trois ouvertures : l'une moyenne, rectangulaire, large de 0m,62, haute de 0m,32, par laquelle on introduit le métal qu'on doit soumettre à l'oxydation ; les deux autres latérales, correspondant aux deux chauffes, sont munies de portes en fer *à demeure ;* toutes les trois se trouvent placées sous une grande cheminée commune.

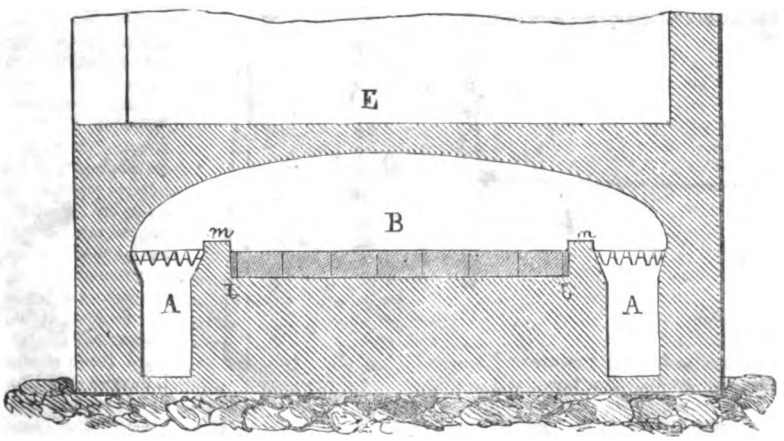
Le dessus de la voûte du fourneau forme le plancher d'une étuve où doit s'opérer, comme nous le verrons plus tard, la dessiccation du *massicot*.

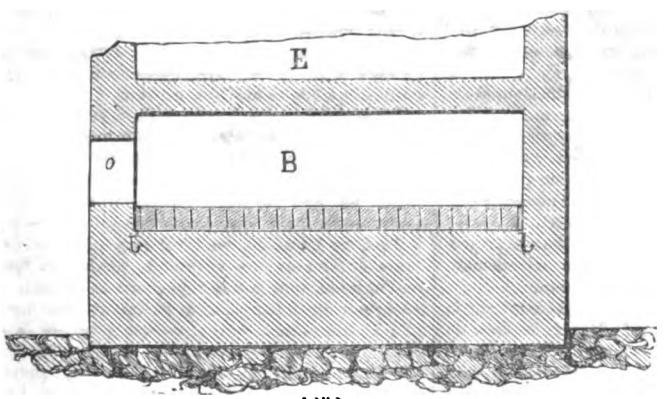
Si on place du combustible dans les chauffes, la flamme s'élève de chacun de ces foyers, va frapper contre la voûte du laboratoire B et sort par l'ouverture du milieu ; l'on ouvre ou l'on ferme les portes, suivant qu'on veut rendre le tirage plus ou moins fort.

Il est évident que le fourneau que nous venons de décrire, de même que tous les fourneaux de fusion, doit être construit en briques réfractaires liées par un mortier argileux.

Les plombs neufs en saumons d'Angleterre, d'Amérique, d'Espagne, de France, etc., sont souvent d'une pureté suffisante pour fournir une qualité de minium qui, en général, satisfait aux exigences du commerce. Les vieux plombs, lorsqu'on les a purgés de la soudure qu'ils contiennent, peuvent aussi être employés, si les produits qu'on en veut obtenir sont destinés aux fabriques de faïence à émail opaque ou aux fabriques de poteries communes. Mais, comme on ne peut compter sur la constance de la qualité de ces plombs, on pourrait se rendre indépendant des fâcheux effets de leur impureté en leur faisant subir une sorte de purification préalable.

1857.





1858.

Nous commencerons par donner un procédé indiqué par M. Thénard à la page 496 du 3e vol. de son *Traité de chimie*, dans une note ainsi conçue : « On prétend que quand le plomb contient un peu de cuivre, il suffit de l'allier à un peu d'étain pour qu'il soit possible de faire du minium pur avec cette sorte de plomb. On met de côté le premier produit de la calcination qui renferme tout le cuivre et l'étain unis sans doute à l'état d'oxydes et mêlés d'ailleurs avec plus ou moins d'oxyde de plomb, en sorte que le bain métallique restant, ne contenant plus rien d'étranger, donne nécessairement un excellent minium. »

Selon nous, ce procédé est *vicieux*, car, pour se débarrasser sûrement des oxydes de cuivre et d'étain, il faudrait sacrifier, sous peine d'être exposé aux inconvénients auxquels on cherche un remède, des quantités d'oxyde de plomb assez considérables pour que leur valeur représentât bientôt un capital infructueux.

Nous croyons beaucoup plus convenable le procédé suivant. On fait fondre dans une grande chaudière de de 3 à 400 kil. de plomb et plus ; quand il est fondu, on brasse avec un *bâton*, on entretient la fusion pendant quelque temps, puis on laisse écouler le *tiers supérieur* de la masse qui renferme les métaux étrangers.

La partie supérieure qu'on recueille dans des lingotières peut être vendue ensuite comme du plomb d'une qualité inférieure, pouvant cependant avoir de nombreux usages dans les arts. Ce qui reste au fond de la chaudière est enlevé avec des cuillères et porté sur la sole échauffée du four à réverbère.

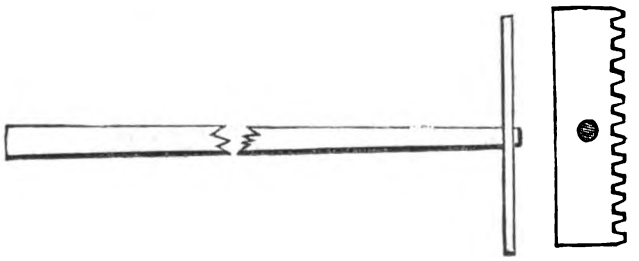
Avant d'acheter des quantités considérables d'un

Digitized by Google

plomb dont la *source lui serait connue*, le fabricant pourrait oxyder dans un *têt* d'argile quelques grammes de ce métal et traiter le résultat par l'ammoniaque en excès ; si la couleur bleuâtre était trop intense, le plomb devrait être rejeté comme étant trop cuivreux.

Pour un fourneau, des dimensions indiquées précédemment, on emploie 300 kilog. de plomb. On commence par y introduire les deux tiers environ de la masse qu'on veut traiter ; puis quand la fusion en a été opérée, on ajoute le tiers restant.

Dès que le plomb est fondu, on l'agite continuellement avec une sorte de long râteau en fer (fig. 1859 et 1860), dont le manche appuie sur le crochet d'une chaîne suspendue devant l'embouchure du four. A mesure que le plomb s'oxyde, on repousse le résultat de cette oxy-



1859.

dation, avec le plein du râteau, au fond du fourneau ; on agite de nouveau le plomb fondu, l'on repousse encore l'oxyde, et ainsi de suite pendant environ 5 heures. Pendant la calcination, il faut avoir soin de ne pas chauffer trop fortement, on s'exposerait à fondre l'oxyde qu'on a préparé : il faut seulement maintenir le feu. En outre, il est utile de laisser ouvertes les portes des chauffes, afin que l'air puisse entrer librement et venir oxyder le plomb.

Quelque bien conduite que soit la calcination, il arrive un moment où une certaine quantité de métal assez petite, il est vrai, refuse de s'oxyder, ou du moins s'oxyde avec une difficulté très grande ; il est alors beaucoup plus sage de recueillir dans une petite cuvette ménagée dans la sole, tout près de l'ouverture du fourneau, les parties liquides qui se refusent à l'oxydation. On les retire de là avec une cuillère à projection, on en forme un lingot qui sera joint le lendemain au plomb qu'on introduira dans le fourneau.

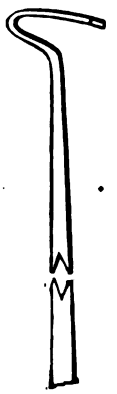
On ramène alors et l'on étend uniformément sur la sole tout l'oxyde qu'on avait refoulé vers le fond du fourneau. On le retourne au moyen d'un ringard (fig. C), on trace de nouveaux sillons, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la journée. Cette opération a pour but d'oxyder les particules de plomb qui ont pu échapper à l'action oxydante de l'air.

Le plomb, par suite de cette manipulation, est passé à l'état de protoxyde ou *massicot*, mais ses particules grossières ont besoin d'être divisées pour s'unir à une nouvelle quantité d'oxygène et pouvoir ainsi se convertir en minium. Le *broyage* atteint ce but.

On retire l'oxyde du four avec une longue pelle de fer, et on le fait tomber dans de grands seaux de bois munis d'anses de fer pour la commodité du transport. Comme la température de l'oxyde est très élevée, quoiqu'on ne le retire du four que 12 heures après l'avoir préparé, il est nécessaire, pour la commodité des manipulations qui vont suivre, de jeter sur le contenu de ces seaux une certaine quantité d'eau. On les porte ensuite au moulin où l'oxyde doit être broyé. Ce moulin est semblable à celui dont on se sert pour broyer le carbonate de plomb ou *céruse*. Il se compose d'une *tine* renfermant deux meules, l'une fixe, l'autre mobile ; une sorte d'entonnoir permet d'introduire la matière jaune imbibée d'eau, ainsi que l'eau nécessaire pour la broyer. Les meules sont en grès ou en *lave de Wolvic* ; elles ont $0^m,90$ de diamètre et $0^m,30$ d'épaisseur. Une paire de meules peut broyer par jour 300 kilog. de matière.

La tine est disposée de manière que l'on peut recevoir le résultat du broyage, et le faire passer sous la meule une deuxième et même une troisième fois si la chose est nécessaire.

Au sortir du moulin, on doit soumettre le produit du broyage à l'opération du tamisage, qui a pour but de séparer de la masse d'oxyde les parties de plomb qui ont pu échapper à l'oxydation. Cette opération exige deux tonneaux défoncés, sur l'un desquels on a placé deux tringles de fer qui permettent à l'ouvrier d'imprimer au tamis qu'elles supportent un mouvement de *va-et-vient*. Ce tamis est formé par un tissu métallique très serré (toile n° 60). L'ouvrier prend l'oxyde broyé en suspension dans l'eau,



1860. 1861.

le verse sur son tamis, et, par une agitation modérée, facilite le passage de la matière à travers la toile métallique. Quand tout a été tamisé, on décante les parties liquides en ayant toutefois soin de verser l'eau de cette décantation dans un autre tonneau où elle déposera le minium qu'elle tient en suspension.

L'opération du tamisage n'enlève pas cependant tout le plomb métallique que le massicot contenait ; si l'on veut obtenir un bon minium, il faut laver le produit du tamisage. Pour cela, on a un large baquet dans lequel est placé un agitateur composé d'une roue aux jantes de laquelle sont fixées des palettes de bois ; ce baquet est muni de deux robinets placés à des hauteurs différentes ; on y verse le produit du tamisage, on l'agite en tournant la roue ; puis on ouvre le robinet supérieur qui laisse écouler le liquide dans une *cuvelle* placée au-dessous. On transvase l'eau de la cuvelle dans un second baquet où elle dépose. On débouche ensuite le robinet inférieur du baquet agitateur ; l'eau qui s'écoule est traitée comme la première. On prend alors le dépôt qui s'est fait dans la cuvelle, on en remplit à moitié une *bassine* qu'on tient des deux mains et qu'on porte dans le baquet où on l'agite, de manière que la plus fine se mêle à l'eau et se précipite à mesure dans le fond, tandis que la plus pesante, qui est celle qui n'a pas été divisée au moulin, reste dans la bassine. Le déchet qu'on obtient est joint à celui du tamisage pour être calciné de nouveau. Le minium qu'on obtient en oxydant ces résidus est même le meilleur qu'on puisse employer pour la fabrication des cristaux ; en effet, le minium du premier lavage contient tous les métaux plus oxydables que le plomb.

Lorsque le lavage est fait, on laisse précipiter au fond du tonneau la matière très divisée qui est suspendue dans l'eau ; on décante l'eau qu'on remet dans le premier baquet, on retire le dépôt qu'on place dans des terrines de terre cuite. On porte ces terrines dans l'étuve dont nous avons parlé, et on les y laisse jusqu'à ce que la dessiccation de l'oxyde soit complète.

Digitized by Google

L'oxyde retiré de l'étuve est pulvérisé sous un lourd cylindre de fonte placé dans une grande boîte fermée de tous côtés. Quand tout ce qu'on a introduit dans cette boîte est pulvérisé, on repousse la poussière qui en résulte dans une trémie qui la verse dans une grande caisse. On pourrait pulvériser l'oxyde en le faisant passer entre deux cylindres horizontaux tournant en sens contraire. Une trémie continuellement pleine alimenterait ces deux cylindres, au moyen d'un rouleau cannelé qui formerait sa partie inférieure. On pourrait aussi employer un moulin à meule verticale semblable à celui que l'on emploie pour le chocolat. Dans tous les cas, le moulin, quelle que soit sa forme, doit être entouré d'une caisse qui empêche la poussière de s'en échapper.

Lorsque le massicot est pulvérisé, on en remplit de petites caisses en *fer battu*, qui peuvent en contenir environ de 7 à 8 kilog.; on les introduit, à l'aide d'une pelle en fer, dans le fourneau où l'on a calciné le plomb pendant la journée: on ferme les portes des chauffes, on bouche l'ouverture du milieu avec une plaque de tôle, et on abandonne l'opération à elle-même : à la faveur de la chaleur, le massicot contenu dans les caisses absorbe l'oxygène de l'air et passe à l'état de minium. Les Anglais étendent le massicot sur la sole du four au lieu de le mettre dans les caisses de fer battu. Le lendemain il est rouge jaunâtre. On passe souvent le massicot plusieurs fois au feu; on a ainsi ce que l'on appelle du minium à plusieurs feux.

Dans les fabriques de minium annexées aux usines à plomb et argent, on emploie comme matière première les litharges marchandes provenant de la coupellation, ce qui produit une certaine économie sur le combustible.

Quelque divisé que soit le minium, on est souvent forcé de le tamiser avant de le livrer au commerce, surtout quand il doit entrer dans la composition des couleurs. On se sert à cet effet d'un tamis couvert.

Le minium préparé comme nous venons de le dire est ensuite placé dans des tonneaux où on le masse fortement.

Si l'on voulait obtenir du minium aussi pur que possible, il faudrait employer pour sa préparation, non du massicot, mais du carbonate de plomb; il faudrait en outre laver l'oxyde préparé avec de l'acétate neutre de plomb que dissoudrait tout le protoxyde libre.

La *mine orange* du commerce n'est autre chose que le minium obtenu par la calcination du carbonate de plomb.

Nous indiquerons ici un moyen pratique d'essayer le minium. On met dans un creuset de terre siliceuse de 20 à 30 grammes de minium, puis on chauffe au feu d'une moufle. L'oxyde de plomb se combine à la silice du creuset, et on obtient un cristal jaunâtre et limpide si le minium est pur, coloré en vert si le minium est cuivreux. L'oxyde d'étain donnerait au cristal une teinte laiteuse facile à reconnaître.

Le plomb en passant à l'état de minium augmente de 9 à 10 p. 100 en poids.

Le bois et le charbon de terre peuvent être indifféremment employés pour faire le minium; il convient cependant de ne pas employer un charbon qui donnerait trop de fumée et qui pourrait réduire une certaine quantité d'oxyde. On peut évaluer à 1 hect. la quantité de charbon nécessaire pour convertir 300 kilog. de plomb en massicot.

Le minium du commerce est souvent falsifié avec du rouge de fer ou colcothar, ou de la brique pilée. Mais la fraude est facile à reconnaître, car si on chauffe le minium au rouge, on obtient un résidu jaune, tandis que, s'il est falsifié, la coloration que lui donne le colcothar ou la brique persistera malgré l'application de la chaleur. En traitant par l'acide hydrochlorique concentré, le plomb et le fer seront dissous, mais la brique restera. On découvrirait de la même manière si le minium était mêlé avec de la silice ou du verre pilé; falsifications grossières, sans doute, mais cependant mises en usage pour les miniums destinés aux émaux de faïence et de poterie.

Le minium est employé, à raison de sa belle couleur, pour colorer les papiers de tenture, les cires molles à cacheter. Il sert à la fabrication du strass, du flint-glass et du cristal, verres auxquels il communique une puissance réfractive considérable, une limpidité parfaite et la faculté de pouvoir être taillés plus aisément. Les fabricants de cristal préfèrent le minium à la litharge et au massicot, parce qu'il réussit mieux et plus constamment. Cela vient sans doute de ce que l'excès d'oxygène qu'il perd en passant à l'état de silicate sert à la combustion des traces de matières organiques que la soude et la potasse peuvent contenir. Pour cette dernière application, on prend le minium le plus pur, celui qui est exempt d'oxyde de cuivre, attendu que ce dernier donne une teinte verte au cristal. Il entre dans la composition des émaux de faïence, des couvertes de poteries. Enfin il sert à faire des mastics que l'on emploie dans la construction des machines.

MODÉRATEUR. Voyez MACHINE A VAPEUR.

MOIRE MÉTALLIQUE. Voyez ÉTAMAGE.

MOLETTE. Voyez GRAVURE.

MONNAIE (*ang.* mint, *all.* münze). Les monnaies et les médailles, qui ont toujours été fabriquées par les mêmes procédés, s'obtenaient dans les temps anciens par moulage. La pureté des lignes était moindre que celle des monnaies actuelles, mais les pièces de faible valeur, qui se coulaient en bronze, tandis qu'aujourd'hui elles se font en cuivre, pouvaient résister à l'usé et à l'oxydation mieux que ces dernières.

Jusqu'au règne de Louis XIII les monnaies, en France, se coulaient en *lentilles*; puis les pièces rougies étaient placées entre deux coins de bronze très durs, gravés au touret et enchâssés dans une enveloppe de fer sur laquelle on frappait avec le marteau pour donner l'empreinte aux pièces. Ce ne fut que vers la fin de cette époque que s'introduisit l'usage de graver au burin des coins d'acier, d'aplanir le métal et de le réduire en feuilles, de le découper avec des cisailles.

L'invention du balancier eut lieu sous le règne de Henri II. Nicolas Briet, tailleur général des monnaies, voulut, à l'aide de cette invention et à l'aide du laminoir, monter une fabrication parfaite, fournissant des pièces identiques, mais ne put y parvenir.

Il fut forcé d'aller en Angleterre trouver un pays où l'on comprit ses machines et où on s'empressât de les adopter. On reconnut bientôt en France la nécessité d'avoir recours à un mode semblable de fabrication; néanmoins ce ne fut qu'en 1645, au commencement du règne de Louis XIV, que la fabrication au marteau fut totalement interdite.

Les conditions qu'il faut remplir dans la fabrication des monnaies sont : 1° une grande régularité dans le titre des alliages; 2° une similitude parfaite dans les dimensions et les poids des pièces; 3° une netteté très grande du monnayage afin que le surmoulage ne puisse produire des pièces ayant une netteté comparable, et que celle-ci ne puisse résulter que de puissants moyens de fabrication dont les faux-monnayeurs ne sauraient disposer.

De la fonte. Après avoir obtenu, par l'AFFINAGE, de l'or ou de l'argent parfaitement purs, on les allie avec une certaine quantité de cuivre qui donne à ces deux métaux trop mous par eux-mêmes une dureté suffisante pour résister à l'usé. En France, la proportion est toujours de 1/10e de cuivre pour 9/10e de fin. L'alliage se prépare en France dans des creusets de petites dimensions et se coule en plaques minces, de 5 à 6 millimètres d'épaisseur. Comme elles n'ont que deux ou trois fois l'épaisseur d'une pièce de 5 francs, elles se réduisent facilement au

Digitized by Google

laminoir à l'épaisseur exigée pour les flancs (on nomme ainsi la pièce préparée pour le monnayage), mais aussi l'écrouissage étant peu considérable les pièces ont peu de dureté.

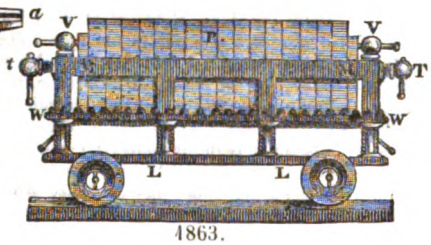
En Angleterre, on fond des lingots de 30 millimètres d'épaisseur qu'on réduit à la dimension convenable en les faisant passer entre les cylindres d'un puissant laminoir. Sans doute, dans la fonte d'un aussi fort lingot les effets de liquation sont plus considérables que dans un petit; mais, d'un autre côté, les différences deviennent bien moins sensibles puisqu'elles se trouvent réparties sur une plus grande longueur.

Nous croyons qu'il est utile, au moment où l'on pense à modifier la fabrication des monnaies en France, d'entrer dans quelques détails sur les procédés usités à la Monnaie royale de Londres, tels qu'ils ont été établis dès 1811 sous la direction de M. Boulton.

Les creusets dans lesquels s'opère la fusion (fig. 1862) sont en fonte de fer, et contiennent aisément 100 kilog. de métal. Ils sont garnis d'un bec par lequel on verse le métal, et de deux oreilles que saisissent les pinces d'une grue lorsqu'on les enlève de dessus le fourneau. Pendant la fonte qui dure quelques heures, on remue de temps à autre l'alliage; on prépare les moules, qu'on chauffe dans une étuve, et dont on frotte la surface intérieure avec un linge mouillé d'huile, afin que les lingots viennent mieux. La figure 1863 représente le chariot vu de côté et chargé de ses moules. Quand on y a introduit le nombre convenable de moules, les vis des extrémités les tiennent tous serrés.



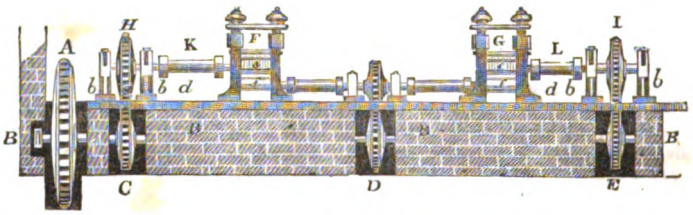
1862.



1863.

Le creuset contenant le métal fondu est enlevé par la grue G (fig. 1864) de dessus le fourneau, puis descendu, jusqu'à ce que l'anneau dont sont garnis ses bords supérieurs pose sur le cercle *e*. C'est alors qu'on détache les pinces de la grue. L'un des ouvriers prend d'une main le manche de la manivelle *s* et de l'autre *y*. En tournant *y*, il attire le chariot, de manière à placer le premier moule sous le goulot du vase a fonte. Il remplit ensuite successivement les autres moules. La première portion du métal fondu est reçue dans une petite cuiller de fer et réservée pour l'essayeur; on prend un second échantillon du milieu du vase et un troisième du fond. La qualité de chacun de ces échantillons est examinée.

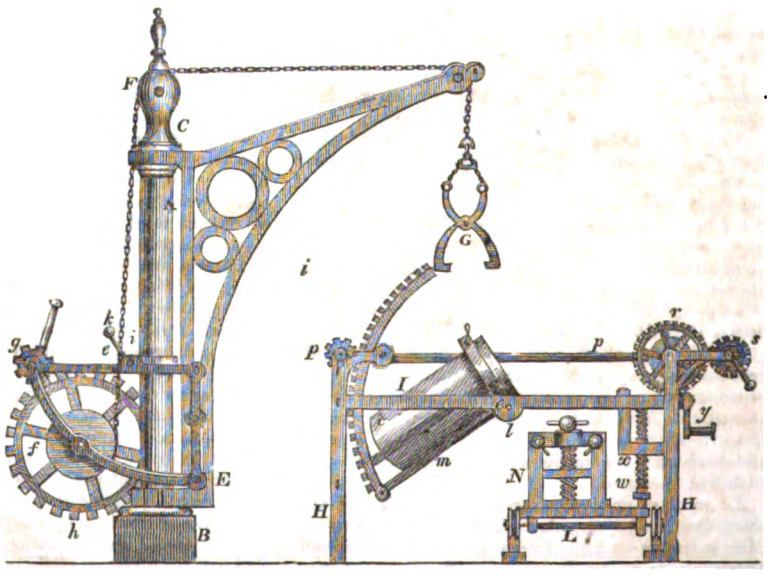
Les lingots qui ont environ 0m,25 de longueur, 0m,18 de largeur et 0m,05 d'épaisseur sont alors soumis au laminage.



1865.

Laminage. Le lingot obtenu par la fonte est porté au laminoir pour être régularisé. Il faut que cette machine soit construite avec une grande régularité pour donner des produits satisfaisants. Il faut non seulement que les cylindres tournent parfaitement ronds, mais encore il faut que les diamètres soient assez grands (les rouleaux anglais ont 90 cent. au moins de circonférence), et enfin que les roues motrices aient un développement considérable, car avec un laminoir mû par de petits pignons, on obtient des bosses sensibles correspondant à chaque dent de l'engrenage, effet dû sans doute aux variations de l'effort; variations peu sensibles avec des vitesses un peu considérables comme ceux de la monnaie de Londres qui produisent 30 à 35 mètres de lames par minute.

La fig. 1865 représente la disposition de cette machine. A, est une grande roue d'engrenage mue par un pignon assemblé sur l'arbre d'une machine à vapeur de 36 chevaux de force. Sur l'arbre BB, mis en mouve-



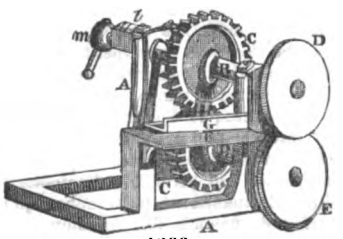
1864.

Digitized by Google

ment par cette roue, sont assemblées les roues C, D, E, qui mettent en mouvement les cylindres respectifs montés en F et en G dans de forts bâtis en fer, assemblés sur la plaque *a a*, qui s'étend sur toute la longueur du laminoir, et qui repose sur la maçonnerie dans laquelle les roues se trouvent cachées. Les deux grandes roues C et E mettent en mouvement les roues H, I, soutenues sur des coussinets entre deux supports *b*, *b*, boulonnés aux seuils. Les extrémités des axes de ces roues sont garnies de trèfles destinés à recevoir des manchons *d*, *d*, qui communiquent le mouvement aux cylindres supérieurs *e*,*e*, de chaque paire, aux points F et G. La roue du milieu D, montée sur la tige principale B, communique le mouvement d'une manière semblable aux cylindres inférieurs. Ainsi les deux cylindres *e*, *f*, de chaque cadre reçoivent leur mouvement de la tige principale avec une égale rapidité, au moyen de roues d'un grand rayon.

Le laminoir est garni de quatre paires de cylindres dont chacune est mise en mouvement par son rouage spécial; il est donc composé de deux *systèmes* de roues et de cylindres, comme celui que nous avons représenté dans notre figure. Les deux tiges sont placées parallèlement et reçoivent leur mouvement de la même machine à vapeur. Après avoir été ainsi passé au cylindre quatre ou cinq fois, le métal se trouve réduit à environ 0m,005 d'épaisseur, et augmenté en longueur de près de quatre fois la largeur du lingot. Pour faire disparaître la couleur produite par la chaleur, on frotte ces plaques avec un acide affaibli, puis on les coupe en bandes étroites, dans le sens de la largeur de la plaque, au moyen des cisailles circulaires (fig. 1866), pour pouvoir les soumettre à l'opération de l'étirage, à l'aide de la machine ci-après.

Cette machine est mise en mouvement par une roue d'engrenage qui se trouve au bout de la tige principale B du laminoir. Elle se compose d'un cadre de fer AA, supportant deux axes parallèles B, B, qui se meuvent ensemble au moyen de deux roues d'engrenage C,C, dont l'inférieure engrène dans la grande roue. Au bout des deux tiges sont fixés deux disques dont les angles sont en contact. F, est la tablette sur laquelle on pose la plaque pour la présenter à la cisaille, et G, un rebord ou guide vissé qui sert à diriger le métal et à régler la largeur du morceau que l'on veut couper. Les vis qui retiennent ce guide sont fixées dans des trous ovales de manière à en permettre l'ajustement. L'ouvrier tient la plaque à plat sur la surface F, et la pousse vers les cisailles qui s'en emparent et l'attirent jusqu'à ce qu'elles l'aient coupée dans toute sa longueur. La partie coupée ne se recourbe pas comme il arrive quand on emploie les cisailles ordinaires, parce que l'on a placé derrière les tranchants, sur E et sur D, de petits épaulements qui la tiennent droite. Derrière le montant qui supporte les coussinets des axes B, B, des coupeurs, est un écrou *l*, dans lequel s'introduit une vis dont on se sert pour mouvoir le disque D et en tenir le tranchant en contact avec celui de l'autre disque E.



1866.

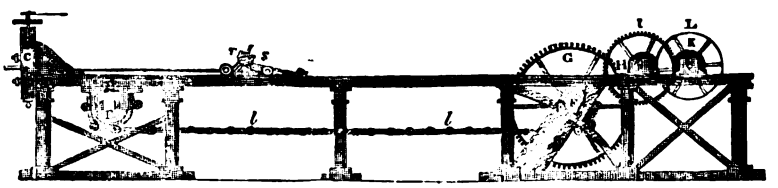
Après avoir découpé les bandes, on les passe de nouveau dans un laminoir plus parfait que le laminoir dégrossisseur, et à froid pour obtenir la même épaisseur. C'est à ce moment que l'ouvrier essaie chaque morceau avec un calibre ordinaire en acier. Ce calibre est à bords très tranchants et forme un angle, de sorte qu'en introduisant le bord de la plaque dans l'entaille on en déterminera exactement l'épaisseur par la profondeur à laquelle il pénétrera en observant les divisions tracées à cet effet sur le calibre.

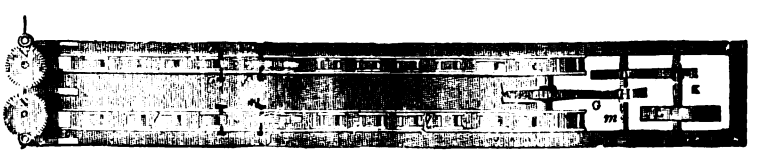
L'opération du passage des bandes au laminoir est répétée trois ou même quatre fois, après quoi l'on essaie toutes les plaques que l'on distribue en autant de tas qu'il y a d'épaisseurs différentes. C'est une chose curieuse que, bien que les cylindres n'aient pas moins de 0m,36 de diamètre et que leur cadre soit d'une force énorme, ils cèdent un peu, de manière à réduire une plaque épaisse plus qu'une mince; ainsi les plaques qui ont passé entre les mêmes cylindres peuvent avoir trois ou quatre degrés différents d'épaisseur que l'on réduit à la juste dimension en ajustant les cylindres à chaque tas. On essaie alors la première plaque du tas passé au cylindre en découpant un flanc que l'on pèse ensuite. S'il est trop léger ou trop lourd, on ajuste en conséquence les cylindres jusqu'à ce que, par quelques essais semblables, on se soit assuré de leur exactitude, après quoi on passe tout le tas. Les plaques trop minces sont renvoyées comme rebut à la fonderie. Avec ces nombreuses précautions, les disques ont presque le même poids quand ils ont été taillés par la machine dont on se sert après, ce qui n'arriverait pas lorsque la mesure aurait donné une même épaisseur pour toutes les plaques, puisque quelques-unes, plus condensées que les autres, auraient des poids différents sous un même volume.

Cette égalité de dimensions s'obtient, en France, d'une manière très insuffisante par le rabotage des flancs trop épais, méthode vicieuse et imparfaite. Nul doute qu'en cherchant à améliorer le monnayage on n'y introduise l'emploi du banc-à-tirer.

Du banc-à-tirer ou dragon. L'introduction, depuis plusieurs années, dans les ateliers de la Monnaie de Londres, de la machine de feu M. Barton, machine à égaliser l'épaisseur des bandes destinées à la fabrication des monnaies, a été un grand perfectionnement. La fig. 1867 représente un profil, et la fig. 1868 un plan de cette machine. Elle agit comme les bancs-à-tirer employés pour la tréfilerie; ainsi elle tire fortement

1867.





1868.

Digitized by Google

les bandes de métal par une ouverture oblongue ménagée entre deux surfaces d'acier. La boîte ou châssis qui renferme les coussinets d'acier (voir BANC-A-TIRER) est représentée au point C dans la fig. 1867; *s*, *r*, sont les pinces qui servent à saisir le métal et à le faire passer à travers la filière.

Quand la machine à tirer doit agir sur des bandes de métal, on a soin d'amincir, en le forgeant, un de leurs bouts, afin qu'elles puissent être introduites entre les coussinets pour être saisies par la pince.

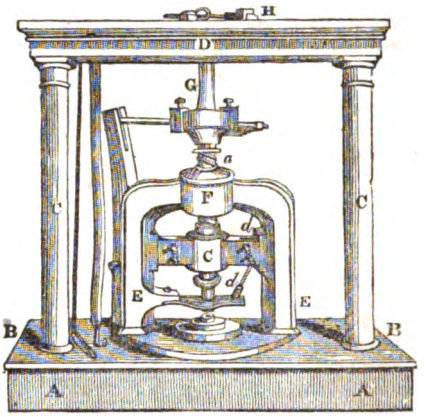
Pour faire agir le banc-à-tirer, l'ouvrier saisissant les extrémités *s* de la pince, l'amène près de la filière C. Dans ce mouvement, les branches des pinces s'ouvrent, et elles sont poussées si près de la filière que ces mêmes branches entrent dans une cavité qui les rapproche des coussinets, de telle sorte qu'elles peuvent saisir l'extrémité amincie de la bande de métal. L'ouvrier, d'une main, tient ferme l'extrémité *s* de la partie supérieure des pinces pendant que, de l'autre, il tire *x* en arrière. De cette manière, les branches se ferment et saisissent fortement le métal. Il baisse alors le manche *x* jusqu'à ce qu'un crochet, qui se trouve sous les pinces, saisisse la chaîne sans fin pendant qu'elle se meut, et elle en traîne les pinces et la bande de métal. Aussitôt que toute la longueur de la bande de métal a passé entre les coussinets, le poids *r*, dégageant leur crochet de la chaîne, arrête leur mouvement. La machine de la Monnaie est garnie de deux filières et de deux chaînes sans fin, comme on le voit dans le plan (fig. 1868). N, N, sont des roues dentées placées à l'extrémité supérieure de la filière qui tournent à l'aide de leviers et servent à fixer la distance entre les coins. Une grande roue d'engrenage G, fixée sur l'axe F, sert à mettre en mouvement les chaînes sans fin. Cette roue est mue par un pignon H, fixé sur un axe *m*. Une roue I, fixée sur l'axe *m*, fait mouvoir un pignon K placé sur un second arbre portant également une roue L, qui communique par une chaîne sans fin le mouvement aux pinces. On conçoit facilement que le but de ces roues est de diminuer considérablement la vitesse initiale du tambour moteur quand elle se communique à la bande métallique passant entre les coussinets et augmente ainsi l'effort.

Le dragon n'a pas, comme le laminoir, l'inconvénient de laisser des bosses correspondant aux variations d'action de l'engrenage et il procure une grande régularité, l'action à laquelle la lame est soumise demeurant constante. Les parties qui seraient beaucoup plus épaisses resteraient encore plus épaisses que les voisines après le passage à la filière, tant par suite de l'élasticité du métal que de celle de la filière, mais les faibles irrégularités que laisse le laminoir sont parfaitement corrigées, surtout en ayant soin de bien recuire les lames avant de les passer à la filière. De la combinaison des deux outils, le laminoir et le banc-à-tirer, agissant de deux manières différentes, on obtient une régularité supérieure à celle qu'on pourrait obtenir séparément avec chaque outil. Le seul inconvénient est que les lames conservent quelquefois la trace du frottement, ce qui toutefois n'a lieu qu'autant qu'on laisse les coussinets en acier trempé se rayer.

Découpage des flans. La figure 1869 représente la machine à découper les flans. Un soubassement en pierre A A, supporte une plaque de fer BB, sur laquelle s'élèvent les colonnes C, C, qui soutiennent la partie supérieure D. Le châssis de la machine E F E, est fixé sur la plaque de fer BB. L'emporte-pièce *d* est mis en mouvement de haut en bas par la vis *a*, mue elle-même par un levier H, que fait tourner une machine à vapeur, d'une quantité suffisante pour couper l'épaisseur de la lame métallique. Un enfant conduit cette machine. A la Monnaie de Londres, douze de ces machines sont montées et rangées en cercle sur le même soubassement, dans une salle élégante éclairée par en haut. Elles sont toutes mises en mouvement par une machine à vapeur de la force de 16 chevaux.

Autrefois, pour les réduire au poids exact, on ajustait les flans ainsi taillés en limant leurs bords ; opération que l'ingénieux mécanisme de M. Barton a rendue presque inutile.

Le découpage des flans, dit M. Frichot, qui a publié sur la refonte des monnaies plusieurs brochures fort remarquables, est l'opération la plus délicate de la fabrication ; car le découpage donne aux pièces le poids qu'elles doivent avoir. En effet, le diamètre du piston



1869.

ou emporte-pièce ne peut être altéré sans qu'il en résulte une différence sensible ; si le piston est usé, il tranche des flans trop petits et les pièces sont plus légères ; s'il est remplacé par un autre plus fort, les flans seront trop lourds.

En France, le découpage se fait à bras d'hommes. La force n'étant pas suffisante, il a fallu renoncer à découper les flans avec des coupoirs à base horizontale ; les pistons qui servent ordinairement sont taillés en sifflet de manière à ne trancher qu'une partie de la surface du flan à la fois ; il commence par un bord et emporte le reste par la continuité de l'opération. Ce procédé est très mauvais, parce qu'il augmente la bavure et laisse du flache sur la tranche, et aussi parce qu'il tend à amincir la pièce d'un côté.

En Angleterre, le découpage se faisant par la vapeur, l'homme n'agit que comme conducteur de la lame ; l'emporte-pièce, dont la base est parfaitement plane, coupe instantanément le flan tout autour, sans laisser aucune bavure ni aucune irrégularité.

Décapage des flans. Au sortir de l'atelier de pesage et d'ajustage, on décape les flans en les agitant dans une tonne conique fixe, remplie d'eau chargée d'acide sulfurique, à l'aide d'un axe vertical armé de croisillons, et auquel on imprime un mouvement de rotation sur lui-même, soit à la main, soit de toute autre manière.

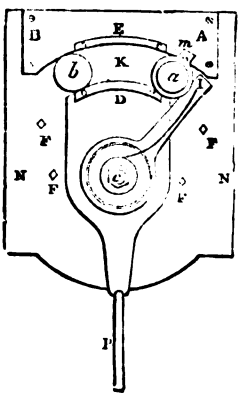
On blanchit ensuite les flans décapés, qui doivent servir à la fabrication des monnaies d'argent ou de billon, en les faisant bouillir avec une dissolution de crème de tartre dans l'eau.

Machinage des flans. Le machinage ou cordonnage des flans ne se fait plus aujourd'hui avant le monnayage ; nous devons néanmoins donner la description de l'ingénieuse machine qu'avait inventée M. Gingembre pour effectuer cette opération, qui consistait à graver en creux sur la tranche les légendes : *Dieu protége la France, Domine salvum fac regem.* Le travail de cette machine est si prompt et en même temps si facile,

Digitized by Google

qu'un homme marque dans une journée 20,000 pièces de 5 fr. ou 100,000 fr.

Chacun des deux coins en arc E,D (fig. 1870) porte la moitié de la légende gravée en relief sur sa face courbe; ces arcs sont des morceaux d'acier fortement trempé fixés sur le seuil qui supporte l'appareil par deux vis, dont l'une à demeure E, et une autre D au bout du levier P D, qui tourne sur l'axe C. Les lettres de ces demi-légendes sont exactement parallèles et inscrites sur les coins dans un ordre inverse. Un mouvement circulaire et alternatif est communiqué au manche P. Les courbures des deux coins sont des arcs de cercle décrits du centre C, et l'intervalle qui les sépare, ou la différence des rayons, est précisément le diamètre de la pièce que l'on veut frapper.



1870.

Comme, dans cette opération, c'est le centre C qui supporte toute la pression, cet axe doit avoir un volume considérable. Il est composé d'un cône tronqué, peu élevé, d'acier trempé, qui entre dans un trou de la pièce mobile P D. Ce cône est maintenu sur la plaque de métal N N, qui supporte toute la machine, par un écrou, dont la vis serrée ou lâchée donne le jeu nécessaire au mouvement de rotation, ou fait disparaître l'ébranlement du cône causé par un service prolongé. L'épaisseur du milieu du trou de la pièce mobile P D, et l'axe du levier P qui la termine, sont exactement de niveau avec les lettres gravées sur le coin, de sorte qu'aucune force ne peut déranger la pièce mobile, ou le centre, par ses oscillations.

a, est un tube vertical contenant une pile des flans que l'on veut frapper; constamment rempli, ce tube, ouvert aux deux bouts, est un peu élevé au-dessus de l'espace *a* K *b* qui sépare les deux coins, et vissé par une queue *m* à la pièce fixe A B. La broche I C, mobile, ainsi que la pièce P D, passe sous le tube, et pousse au bas de la colonne le flan qui est reçu dans une petite excavation de forme circulaire. Les choses sont arrangées de manière à régler la sortie des flans sur le posoir, l'un après l'autre.

Aussitôt que le flan est mis en contact avec le bord inférieur des rainures gravées, il est saisi par elles et poussé par la force de l'opération, sans que ses surfaces supérieure et inférieure soient exposées à aucune action qui puisse empêcher d'en frapper le cordon.

Le flan tourne entre les deux coins, selon que le levier P complète sa course, et il passe de *a* à K, puis de K à *b*, où il rencontre une ouverture circulaire par laquelle il tombe dans un tiroir placé sous la machine.

Le parcours du levier mobile P est réglé par quatre saillies solidement fixées sur la plaque N N, qui supporte tout l'appareil. Un clou placé sur ce levier, près de D, empêche le bras du posoir I C de s'écarter plus qu'il ne faut pour laisser sortir le flan de la colonne; un ressort fixé au centre C ramène le posoir; de sorte que, quand une vis I vient à frapper contre la colonne, le posoir s'arrête, et le coin mobile D, qui continue à marcher, trouve le flan dans une position convenable pour le presser, s'en emparer, et l'entraîner par la réaction du coin fixe E. Ainsi le cordon du flan est frappé en moins d'une demi-seconde. On peut en frapper des centaines dans l'espace de trois minutes.

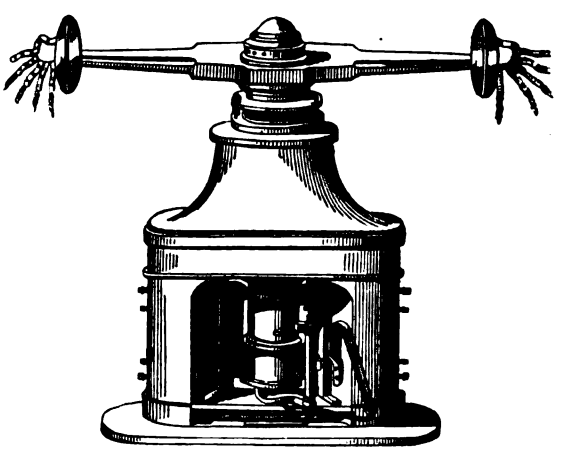
Monnayage. Le monnayage consiste à faire passer le flan dans une virole, pour le soumettre à la pression de deux coins gravés qui lui impriment des deux côtés à la fois le sceau de l'État.

Pour obtenir un beau monnayage, dit M. Frichot, il faut non seulement que la forme et la gravure des coins soient bien entendues, mais aussi pouvoir disposer d'une grande force motrice; non seulement de la force nécessaire pour frapper à fond, mais d'un excès de force qui écrouisse suffisamment la pièce, en la comprimant très fortement dans la virole. Ainsi le recuit doit adoucir le flan, pour qu'il prenne mieux la forme de la gravure; mais il faut que l'adouci disparaisse entièrement pendant le monnayage, et qu'il soit remplacé par la plus grande dureté que puisse acquérir le métal: tel est le problème à résoudre par le monnayage; problème d'autant plus difficile que le frappage doit se faire d'un seul coup, et que les coins doivent frapper un grand nombre de pièces pour que le monnayage ne devienne pas trop cher.

La figure 1871 représente le balancier de Gingembre tel qu'il est exécuté à la Monnaie de Paris. L'action est produite au moyen de cordons que tirent en même temps un nombre égal d'hommes.

Les perfectionnements qui signalèrent l'adoption de ce balancier consistaient surtout dans le mécanisme du poseur, qui reçoit le flan à monnayer, le porte entre les coins, retourne en chercher un second, et chasse celui qui vient d'être frappé; opérations qui, s'exécutant en raison de la position de la vis, ne peuvent jamais manquer, et rendent impossible les accidents qui pouvaient résulter du posage du flan à la main.

Un des grands défauts du balancier est que, si le monnayeur oublie de mettre un flan dans la main de fer du poseur, les deux coins se choquent et sont mis hors de service. On a quelque peu paré à cet inconvénient au moyen d'un mécanisme dit *pare-à-faux*, qui, au moment où le monnayeur s'aperçoit de son oubli, permet de faire arriver rapidement entre les deux


1871.

coins un disque de métal qui les empêche de s'entrechoquer.

Une des dernières modifications apportées aux monnaies françaises consiste dans l'adoption de la virole brisée, virole composée de parties s'écartant après le monnayage, et permettant de sortir la pièce portant sur

Digitized by Google

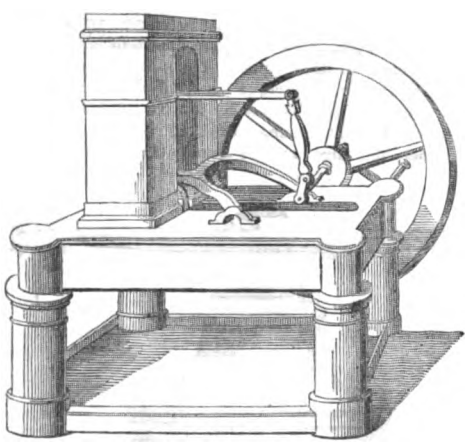
sa tranche une inscription en relief, qui rend impraticables divers procédés d'altération des monnaies.

Le balancier tel que nous venons de le décrire ne produit qu'un monnayage imparfait, en travail courant, parce qu'étant mû par les bras d'hommes qui se fatiguent ou n'agissent que rarement en même temps, il ne fournit presque jamais une pression suffisante. Aussi a-t-on eu soin, en Angleterre, de remplacer les hommes par l'action de la vapeur. On fait mystère des dispositions employées à cet effet; on sait seulement que la force motrice est transportée de la machine à vapeur à l'appareil qui fait mouvoir le balancier, à l'aide du vide que fait une machine aspirante à piston. Un piston, renfermé dans un corps de pompe communiquant avec cette machine aspirante, formera donc une véritable machine atmosphérique. Il suffira de transformer le mouvement rectiligne de ce piston en circulaire, par l'intermédiaire des cordes des corps élastiques, pour que l'assemblage n'empêche pas le choc, pour mettre en mouvement le balancier.

En France, dans des projets de refonte des monnaies adoptées par les commissions nommées par le gouvernement, on a adopté en principe le remplacement du balancier par la presse de Munich, qui est mise en mouvement avec une extrême facilité à l'aide de la machine à vapeur.

La figure 1872 représente cette presse telle que l'a construite M. Thonnelier.

Elle consiste essentiellement en un levier, dont l'extrémité est mise en mouvement par un arbre portant un volant; c'est à peu près le mécanisme de certains découpoirs. L'action de cette machine est bien plus constante que celle du balancier mû à bras; le pare-à-



1872.

faux est inutile; les coins ne peuvent venir en contact; elle exige une moindre force, et produit plus; la différence est considérable, surtout pour l'application de la vapeur, à cause des transmissions de mouvement nécessaires pour faire mouvoir le balancier par la machine à vapeur; enfin, la commission des monnaies a cru voir que cette machine occasionnait la destruction d'un moindre nombre de coins que le balancier, pour le passage d'un même nombre de pièces; résultat contesté cependant par M. Frichot, qui dit, avec raison, que toute machine qui n'aura pas dans son action un temps analogue au *cinglage* du balancier ne pourra jamais produire qu'un monnayage imparfait.

MONTRES. Voyez HORLOGERIE.

MORDANTS. Voyez GRAVURE, IMPRESSION SUR ÉTOFFES et TEINTURE.

MORTIER. La solidité des constructions en maçonnerie dépend, en grande partie, de la qualité des mortiers employés à leur construction. Les monuments romains et du moyen âge, qui existent encore aujourd'hui, nous montrent l'efficacité des procédés usités dans ces époques reculées pour la fabrication des mortiers qui réunissent d'une manière si durable les matériaux qui entrent dans la construction de ces édifices. Des études théoriques, habilement dirigées, ont éclairé, depuis quelques années, la pratique de la fabrication des mortiers, et tout nous porte à croire que cette industrie est aujourd'hui plus avancée qu'elle ne l'a jamais été.

Nous avons renvoyé au mot que nous traitons en ce moment tout ce qui se rapporte à la chaux, aux ciments, aux pouzzolanes, aux bétons, etc. Obligés de traiter dans un cadre restreint des questions aussi nombreuses qu'importantes, puisqu'elles touchent, pour ainsi dire, à tous les points de l'art des constructions, on nous pardonnera de passer rapidement sur les discussions théoriques et de nous borner à exposer les faits d'une application fréquente. Nous chercherons à mettre chacun à même de répéter les expériences qui peuvent diriger dans l'étude de cette matière, et nous nous efforcerons de donner à la fois les règles pratiques et les idées générales qui doivent guider dans l'organisation des travaux de ce genre; heureux si nous pouvons aider à propager les connaissances que doit posséder aujourd'hui tout constructeur éclairé.

Nous partagerons cet article en deux chapitres. Le premier sera divisé en paragraphes dans lesquels on étudiera successivement les différentes matières premières qui entrent dans la composition des mortiers. Le second chapitre traitera de la fabrication et de l'emploi des mortiers et du béton dont les applications se multiplient tous les jours.

CHAPITRE PREMIER.

DES MATIÈRES PREMIÈRES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DES MORTIERS.

§ 1. CHAUX. On donne le nom de *pierre à chaux* à un carbonate de chaux plus ou moins mélangé de substances étrangères, qui lui donnent quelquefois des propriétés particulières fort utiles. Pour rendre cette matière propre à la fabrication des mortiers il faut toujours la débarrasser de l'acide carbonique qu'elle contient par l'action d'une température convenable.

On partage les chaux en différentes classes d'après les propriétés qu'elles présentent.

1° *Chaux aériennes.* Quand on calcine complétement du marbre blanc, ou des calcaires à peu près purs, la chaux obtenue jouit de la propriété de se combiner avec l'eau en développant une haute température, et de présenter un *foisonnement* considérable, c'est-à-dire que son volume augmente dans une grande proportion. L'hydrate de chaux ainsi obtenu, et réduit en pâte molle, durcit bientôt au contact de l'air en absorbant de l'acide carbonique. Cette pâte de chaux placée sous l'eau ou dans un vase privé d'air et d'acide carbonique conserve indéfiniment son état mou. Cette variété de chaux se dissout entièrement dans une quantité d'eau suffisante, environ sept cent quatre-vingt fois son poids. On lui donne le nom de *chaux grasse.*

Les chaux obtenues par la calcination de calcaires mélangés en forte proportion de magnésie, d'oxyde de fer ou de sable quarzeux, mais qui ne renferment que peu ou point d'argile, se délitent encore par leur contact avec l'eau, mais il se développe peu de chaleur par cette combinaison, et le foisonnement est presque nul. Ce sont les *chaux maigres non hydrauliques.* Elles dur-

Digitized by Google

cissent à l'air et non dans l'eau, ce qui les fait ranger comme la précédente dans la classe des chaux aériennes.

Nous donnons ici le tableau de la composition d'un certain nombre de calcaires et des chaux aériennes qu'ils fournissent.

LIEUX DE L'EXTRACTION.	COMPOSITION DES CALCAIRES sur 100 parties.					COMPOSITION DES CHAUX sur 100 parties.					OBSERVATIONS.
	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Oxyde de fer.	Argile.	Sable.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Argile.	Sable.	
Marbre de Carrare. . .	100,0	»	»	»	»	100,0	»	»	»	»	Très grasse.
Vaugirard (près Paris).	98,5	»	»	1,5	»	97,2	»	»	2,80	»	Id.
Lagneux (Ain).	94,0	1,60	3,9	0,5	»	91,6	1,5	»	6,00	»	Grasse.
Vichy (Allier).	87,2	10,00	2,8	»	»	86,0	9,0	»	5,00	»	Médiocr. grasse.
Calviac (Dordogne). . .	77,8	»	»	2,6	19,64	70,0	»	»	3,25	24,75	Très maigre. Perte 2 p. 100.
Villefranche (Aveyron).	60,9	30,30	8,8	»	»	60,0	26,2	13,80	»	»	Très maigre. Cont. du mangan.

Ces différentes analyses démontrent que les calcaires purs fournissent de la chaux grasse, tandis que les calcaires très mélangés, mais qui ne renferment pas d'argile, ne donnent qu'une chaux maigre non hydraulique. L'analyse seule d'un calcaire peut donc indiquer d'une manière positive qu'il ne saurait fournir de la chaux hydraulique.

2° *Chaux hydrauliques.* On désigne sous ce nom des chaux, qui, éteintes et réduites en pâte jouissent de la propriété remarquable de durcir sous l'eau après un temps plus ou moins long. M. Vicat les partage en trois classes. Les chaux *moyennement hydrauliques* font prise après quinze ou vingt jours d'immersion, mais n'atteignent jamais une grande dureté. Les chaux *hydrauliques* font prise du sixième au huitième jour. Elles continuent à durcir jusqu'au douzième mois ; mais après le sixième mois d'immersion elles présentent déjà une résistance remarquable. Enfin les chaux *éminemment hydrauliques* font prise du deuxième au quatrième jour d'immersion. Après six mois elles ont acquis la dureté de la pierre. On comprend que cette classification n'a rien d'absolu, elle est seulement commode pour exprimer en deux mots les principales qualités d'une chaux donnée.

L'analyse de quelques pierres à chaux hydrauliques va nous apprendre quels sont les principes auxquels est due cette propriété remarquable.

moyennement hydrauliques contiennent 9 à 10 p. 100 d'argile. Les chaux éminemment hydrauliques en renferment 25 à 30 p. 100. La chaux de Sénonches nous montre, de plus, qu'une forte proportion d'alumine dans l'argile n'est pas indispensable pour développer l'hydraulicité. La silice, presque pure, mais à l'état hydraté, procure cette propriété.

On regarde en général, comme pouvant donner de la chaux hydraulique certains calcaires assez riches en magnésie. Nous n'en avons pas, à dessein, présenté d'exemple dans le tableau précédent. Le rôle de la magnésie dans ces composés n'est pas encore bien connu. De nombreuses discussions se sont élevées sur ce sujet. Une longue expérience pratique peut seule les éclairer d'une manière complète. Mais les faits déjà connus sont assez graves pour laisser des doutes sur la longue durée des mortiers hydrauliques magnésiens. Nous croyons qu'il serait téméraire, dans l'état actuel de la science, d'établir des constructions importantes avec des chaux de cette espèce.

MM. Berthier et Vicat ont fait un grand nombre d'essais pour déterminer le rôle et le degré d'utilité des différents éléments qui constituent les chaux hydrauliques. Leurs expériences ont démontré que la silice à l'état gélatineux, peut, sans aucun autre mélange, rendre la chaux hydraulique. L'alumine, l'oxyde de fer, la magnésie, l'oxyde de manganèse sont, par eux-mêmes, dépourvus d'action. L'analyse et la synthèse s'accordent, d'ailleurs, à démontrer que les meilleures chaux hydrauliques sont produites par un mélange de chaux, de silice et d'alumine. La proportion la plus convenable de ces deux derniers corps n'est pas encore parfaitement connue ; il paraît cependant qu'ils doivent se trouver en quantités presque égales. Une longue suite de tâtonnements peut seule trancher la question.

LIEUX DE L'EXTRACTION.	COMPOSITION DES CALCAIRES sur 100 parties.					COMPOSITION DES CHAUX Sur 100 parties.					OBSERVATIONS.
	Carbonate de chaux.	Carbonate de magnésie.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Argile.	Chaux.	Magnésie.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse.	Argile.	
Saint-Germain (Ain). . .	87,0	0,5	7,1	»	5,4	83,0	0,4	9,6	»	7,0	Moyennement hydraulique.
Chanay (près Mâcon). . .	89,2	3,0	»	»	7,8	84,0	2,5	»	»	13,5	Id. id.
Nimes (Gard).	86,0	5,0	»	»	9,0	82,5	4,1	»	»	13,4	Hydraulique.
Metz (Mozelle).	78,0	3,0	4,0	trace	15,0	68,3	2,0	5,7	»	24,0	Éminemment hydraulique.
Sénonches (Eure-et-Loire).	80,0	1,0	»	»,	19,0	70,0	1,0	»	»	29,0	Id. argile { silice 17 alum. 1 eau. . 1 } dans le calc.

Digitized by Google

La composition des chaux hydrauliques naturelles étant connue, on essaya d'obtenir, par des mélanges directs des composés analogues. M. Vicat publia avec un noble désintéressement ses découvertes, et, sur ses indications, M. de Saint-Léger monta, près de Paris, une fabrique de chaux artificielle. Cette industrie est aujourd'hui parfaitement connue. Nous reviendrons plus loin sur les détails de cette fabrication, que nous ferons connaître avec soin.

Nous venons de voir que l'hydraulicité des chaux dépend de leur composition. Quand on doit fabriquer de la chaux hydraulique il importe, par conséquent, de pouvoir déterminer d'avance la nature des calcaires dont on peut disposer. Nous allons décrire les procédés employés pour l'essai des chaux et des calcaires. Ces expériences sont très simples, on peut les exécuter, en suivant la marche que nous allons indiquer, sans connaissances préalables en chimie. Nous ne saurions assez engager les fabricants à se familiariser avec leur emploi.

Les calcaires que l'on doit analyser peuvent contenir, en général, de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer et de l'argile. On reconnaît et on sépare ces différents corps de la manière suivante. On pèse 2 ou 3 gram. de l'échantillon donné et on verse dessus, dans un petit verre, de l'acide hydrochlorique étendu à peu près de son poids d'eau. Une effervescence plus ou moins vive se manifeste aussitôt, l'acide carbonique qui se trouvait dans le calcaire se dégage à l'état de gaz, et la chaux, la magnésie et l'oxyde de fer se dissolvent dans l'acide. Si le calcaire est pur il se dissout entièrement, s'il renferme de l'argile elle se dépose au fond du vase. Quand l'addition d'une petite quantité d'acide ne produit plus d'effervescence, on verse sur un filtre la liqueur et le dépôt d'argile; on lave ce dernier avec de l'eau, on le sèche et on le pèse. Cet essai, bien simple, indique déjà la proportion d'argile contenue dans le calcaire et donne une indication importante sur les propriétés hydrauliques de la chaux qu'il produirait. L'examen attentif de l'argile suffit pour faire reconnaître si elle contient du sable en grains isolés. Si l'effervescence a été très vive on est presque assuré que le calcaire ne contient pas de magnésie, et qu'il fournira une chaux d'autant plus hydraulique que la proportion d'argile sera plus considérable. Avec un peu d'habitude, en prenant pour termes de comparaison des calcaires connus; on peut regarder comme un renseignement suffisant l'essai que nous venons d'indiquer. Mais si on veut connaître complétement la composition du calcaire on continue l'opération comme nous allons l'expliquer. On verse dans la liqueur filtrée, qui renferme la chaux, etc., un peu d'ammoniaque. S'il se forme un trouble, on ajoute un peu d'acide hydrochlorique, puis de l'ammoniaque, qui alors laisse à la liqueur toute sa transparence, à moins que le calcaire proposé ne renferme de l'oxyde de fer qui se dépose alors en flocons rougeâtres; on les recueille sur un petit filtre, on les lave et on les pèse après les avoir séchés. On ajoute dans le liquide filtré de l'oxalate d'ammoniaque. Il se forme alors un dépôt blanc d'oxalate de chaux; après une nuit de repos on le recueille sur un filtre, on le sèche et on le calcine dans une petite capsule de platine. Le produit de la calcination est du carbonate de chaux qu'il ne reste plus qu'à peser. Enfin, on fait bouillir avec du carbonate de potasse la liqueur séparée par la filtration, de l'oxalate de chaux, et il se précipite du carbonate de magnésie en poudre blanche, quand le calcaire proposé en renfermait. On le recueille sur un filtre, on le calcine et on le pèse.

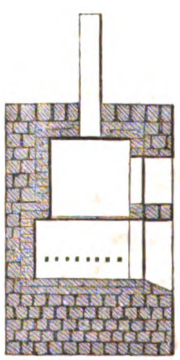
L'analyse d'une chaux donnée est un peu plus compliquée que celle d'un calcaire; voici comment on doit opérer. On verse de l'acide hydrochlorique sur quelques grammes de chaux. La dissolution se fait ordinairement d'une manière complète. S'il y a un résidu on le sépare par le filtre, puis on évapore à siccité la liqueur filtrée. On reprend la masse par l'eau acidulée qui laisse la silice et dissout tous les autres produits. On recueille la silice sur un filtre, puis on verse de l'ammoniaque dans la liqueur filtrée. L'alumine et l'oxyde de fer se précipitent, on les recueille sur un filtre, et, après avoir bien lavé ce précipité on le sèche et on le pèse. Nous n'avons pas besoin de dire ici comment on sépare ces deux corps, l'oxyde de fer étant en général en fort petite quantité. On obtient enfin la chaux et la magnésie comme nous l'avons indiqué en parlant de l'analyse d'un calcaire.

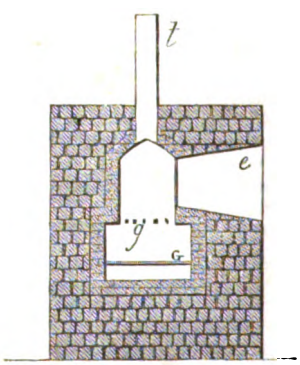
Nous ne sommes pas entrés dans la description de toutes les précautions à employer pour rendre parfaitement exacts les procédés dont nous venons de parler. Ce que nous avons dit suffit dans la pratique des recherches. C'est aux traités d'analyses chimiques que l'on doit demander de plus grands détails. La méthode d'analyse que nous venons d'exposer est très simple, elle exige cependant des pesées, des lavages, etc., qui emploient un certain temps; nous espérons publier bientôt un procédé qui évitera toutes ces opérations et permettra d'essayer une dixaine de calcaires en une heure.

L'analyse chimique convenablement exécutée peut conduire à des résultats certains; cependant nous engagerons toujours à soumettre à la cuisson une certaine quantité des pierres qui ont paru propres à fournir de bonnes chaux.

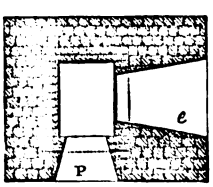
On ne doit pas essayer de calciner les échantillons dans un creuset. Cette opération s'exécute difficilement et donne des indications trop différentes des résultats pratiques. Nous ne saurions trop recommander l'emploi d'un petit fourneau, dont les fig. 1873, 1874 et 1875 indiquent suffisamment la construction. On introduit

1874. 1875.





la pierre à chaux sur la grille g, par l'ouverture e, et on fait du feu avec de la houille, du coke ou du charbon de bois sur la grille G. Une clef, placée dans le tuyau de tôle t, qui surmonte le fourneau, permet d'activer ou de modérer à volonté la température. En cinq ou six heures on peut cuire une quantité de chaux suffisante pour fabriquer du mortier par le procédé même



1873.

Digitized by Google

qui doit être employé. L'expérience ainsi faite ne laisse aucun doute sur la nature des mortiers obtenus.

La chemise inférieure de ce fourneau est en briques réfractaires et enveloppée d'une maçonnerie grossière. L'espace vide *e* ménagé dans cette enveloppe forme une petite étuve fort commode pour sécher des filtres et faire différents essais.

La marche à suivre dans la recherche des pierres à chaux est maintenant suffisamment tracée. On fera d'abord des essais chimiques; les meilleurs échantillons, indiqués par ces premières expériences, seront soumis à l'épreuve du petit fourneau; et enfin, on choisira parmi ces derniers les pierres qui pourront être soumises au traitement en grand.

Cuisson de la chaux. Nous avons dit que l'on obtient la chaux, en chassant, par l'action de la chaleur, l'acide carbonique renfermé dans les pierres calcaires. Nous allons maintenant nous occuper de cette opération. La consommation de chaux pour l'agriculture et les constructions est énorme; il importe d'étudier avec soin le prix de revient de cette fabrication par les différents procédés généralement employés.

On a déjà donné (page 765) la description d'un four à chaux à feu continu et à flamme renversée pour l'emploi de la tourbe. Nous ne reviendrons pas sur ce mode de cuisson, mais nous en avons plusieurs autres à faire connaître.

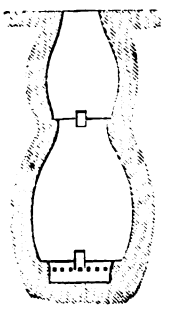
1° *Cuisson en tas.* Quand on est obligé de cuire en peu de temps de grandes quantités de chaux, il serait souvent difficile et toujours coûteux d'établir un nombre convenable de fours. On peut alors employer la méthode des chaufourniers du pays de Galles : ils disposent des tas de calcaire mêlé de houille; ils les recouvrent de gazon, et dirigent l'opération, comme s'il s'agissait de faire du charbon de bois, en évitant les courants d'air et modérant le tirage suivant l'intensité de la combustion. Cette méthode n'exigeant pas de frais d'établissement peut être très économique, quand il ne s'agit que d'une fabrication temporaire.

2° *Fours intermittents.* Dans les fours de cette espèce, le combustible et la pierre sont chargés séparément. On peut d'ailleurs brûler de la tourbe, de la houille ou du bois. La disposition de ces appareils varie peu; c'est une cavité (figure 1876) généralement ovoïde, dans laquelle on dispose le calcaire, en formant avec les plus gros morceaux, à la partie inférieure, une espèce de voûte sous laquelle on allume le feu. Quand la chaux est cuite, on la laisse refroidir; puis on défourne la pierre pour recommencer une nouvelle opération. La main-d'œuvre et la consommation de combustible sont considérables avec ce genre de fours. Chaque cuisson dure trois à quatre jours; on consomme en moyenne 1,60 à 1,80 stères de bois par mètre cube de chaux, ou une quantité équivalente de fagots.



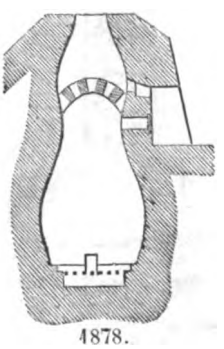
1876.

La température est très inégalement répartie dans les fours dont nous venons de parler. M. Petot, qui a publié un ouvrage intéressant sur la chaufournerie, propose d'adopter des fours à plusieurs compartiments, comme celui de la figure 1877; les différentes courbures adoptées sont le résultat de considérations théoriques vérifiées par l'expérience. Le foyer principal est placé à la partie inférieure de la première capacité : un second foyer se trouve ménagé au bas de la capacité supérieure. Cette disposition produit une économie de combustible d'un cinquième environ. Cette forme particulière produit surtout d'excellents résultats, quand on peut utiliser pour la cuisson de la brique le compartiment supérieur. Les deux compartiments se raccordent alors (fig. 1878) par une surface continue, et ne sont séparés que par une légère voûte à claire-voie.



1877.

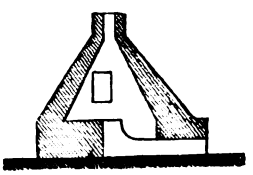
M. Vicat, dont on retrouve le nom dans toutes les questions relatives aux mortiers, a proposé pour la cuisson de la chaux des fours à compartiments (fig. 1879 et 1880). On allumait le feu dans le compartiment *a*, je suppose; puis on allumait le compartiment *b*, et on laissait éteindre le premier; enfin, on mettait le feu dans le troisième foyer, quand on jugeait à propos de ne plus entretenir le second. Il résultait de cette disposition que la chaux qui était exposée le plus à l'action du feu, n'y restait soumise que le tiers du temps, tandis que la chaux éloignée des foyers recevait la chaleur pendant tout le temps de l'opération. Cette forme de four n'est toutefois que rarement employée.



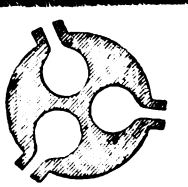
1878.

3° *Fours à feu continu.* Dans ce dernier genre d'appareil, on charge d'une manière continue la pierre à chaux et le combustible à la partie supérieure, et on retire de la chaux cuite à la partie inférieure. L'économie de combustible produite par cette méthode est assez considérable, puisque le four ne se refroidit jamais; et d'ailleurs, avec une bonne disposition du four, la chaux sort presque froide; de sorte qu'elle restitue à la pierre à calciner toute la chaleur qu'elle avait empruntée. Les fours de dimensions ordinaires fournissent facilement 18 à 22 mètres cubes de chaux par jour. Avec quelques-uns de ces appareils, on peut par conséquent fournir à la consommation du chantier le plus considérable. Quelques inconvénients se trouvent cependant à côté des nombreux avantages que nous venons de signaler. Les fours à feu continu fournissent presque toujours un assez grand nombre de biscuits, et la cendre du combustible, en restant mêlée à la chaux, altère les qualités de quelques fragments. Ces inconvénients seraient facilement évités par l'emploi de fours à flammes renversées. Les essais, dans ce sens, n'ont pas été malheureusement assez multipliés.

1880.



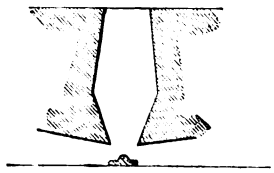
1879.



Les formes des fours à feu continu sont excessivement variées; il serait inutile de les faire connaître toutes. Nous donnerons seulement le profil d'un four à

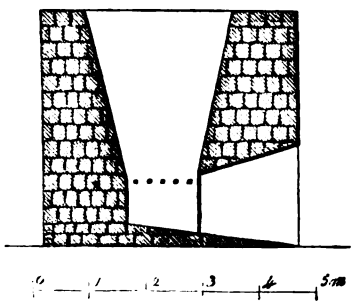
Digitized by Google

la houille à feu continu (fig. 1881) fortement recommandé par M. Vicat, et le dessin, en coupe et en élévation (fig. 1882 et 1883), d'un four dont nous avons pu apprécier les bons résultats. La chaux repose sur une grille formée de quelques barres de fer; on la fait tomber en retirant une des barres, quand cela est nécessaire. Les grilles employées dans les fours à chaux facilitent l'introduction de l'air si nécessaire à la calcination : elles sont d'une véritable utilité. La consommation de houille varie avec la nature du calcaire et la disposition de l'appareil dans des limites fort étendues, depuis deux jusqu'à cinq hectolitres par mètre cube de chaux.



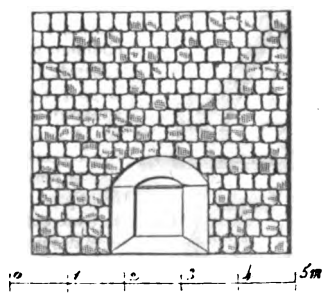
1881.

Quelle que soit la méthode employée pour cuire la chaux, on a remarqué que l'introduction de la vapeur



1882.

d'eau et le passage d'une masse d'air considérable dans le four facilitent le dégagement de l'acide carbonique. Les pierres tendres et poreuses se cuisent plus facilement que les pierres compactes. Le calcaire récemment extrait et encore humide se décompose plus vite que



1883.

celui qui est depuis longtemps exposé à l'air. Quand on n'a que des pierres extraites depuis longtemps, il faut les arroser d'eau avant de les charger dans le four. Les chaufourniers ont fait, depuis longtemps, une remarque qui, pour n'être pas encore bien expliquée, n'est pas moins réelle. La voici : quand la température d'un four à chaux vient à diminuer notablement avant que la cuisson ne soit complète, il est presque impossible ensuite, quelle que soit la température employée, de chasser le reste de l'acide carbonique pour terminer l'opération.

Quand on se trouve obligé d'arrêter momentanément la marche d'un four à feu continu, il faut donc boucher soigneusement toutes les ouvertures, étouffer le feu, comme disent les ouvriers, et s'opposer, par tous les moyens possibles, à la diminution de la température de la masse.

La température à laquelle on cuit la chaux grasse est peu importante; un excès de température n'altère pas ses propriétés. Il n'en est pas de même des chaux hydrauliques : il faut une grande habileté pour arriver à une cuisson parfaite. On doit, en effet, chasser tout l'acide carbonique, mais arrêter à temps la chaleur; car une température trop élevée fait éprouver un commencement de fusion aux éléments des chaux hydrauliques, et détruit complétement toutes leurs propriétés utiles.

Fabrication de la chaux hydraulique artificielle. D'après ce que nous avons dit sur la composition de la chaux hydraulique, on comprend qu'il suffit de combiner de l'argile à de la chaux grasse pour la transformer en chaux hydraulique. La chaux hydraulique artificielle peut se préparer par deux méthodes différentes. On distingue, en effet, la chaux hydraulique de *première cuisson* et la chaux hydraulique de *seconde cuisson*. La première est un peu plus économique; la seconde paraît un peu meilleure. Quand on peut disposer de calcaires très tendres, de craie par exemple, on les réduit en bouillie, et on les mélange parfaitement à une quantité convenable d'argile au moyen de l'eau et de l'action des meules verticales; on laisse un peu sécher le mélange; et quand il a acquis la consistance convenable, on le moule en briquettes que l'on fait cuire par les moyens ordinaires. Ce procédé est suivi dans la fabrique de M. de Saint-Léger établie près de Paris. La craie de Meudon est mélangée avec 14,3 pour 100 environ d'argile de Vanvres. On délaie les matières dans l'eau, et on les soumet à l'action des meules verticales tournant dans une auge circulaire. La bouillie claire, résultant de cette opération, est transportée dans des bassins en maçonnerie; les terres se déposent, et l'eau en excès s'écoule. Quand la pâte est convenablement durcie, on la moule en briquettes que l'on cuit avec précaution.

La chaux de M. de Saint-Léger, ainsi préparée, renferme :

Chaux			74,6
Argile	silice	15,86	23,8
	alumine	7,93	
Oxyde de fer			1,6
			100,0

Elle se dissout complétement dans les acides, et foisonne de 0,65 de son volume : elle se vend à Paris 60 francs le mètre cube. C'est beaucoup moins cher que les chaux hydrauliques naturelles que l'on peut avoir à Paris; mais c'est encore un prix élevé. On a fabriqué, pour les travaux de la navigation de l'Oise, des chaux hydrauliques artificielles qui ne revenaient qu'à 20 francs le mètre cube.

Nous devons appeler l'attention des constructeurs sur une fabrication peu connue jusqu'à présent, mais qui a toujours donné d'excellents résultats à ceux qui l'ont employée. Les marnes sont, comme on sait, des mélanges d'argile et de calcaire en proportions très différentes. Il suffit d'ajouter tantôt de l'argile, mais plus souvent de la chaux, pour obtenir un mélange contenant 20 parties d'argile pour 140 de calcaire. Les marnes se délaient facilement dans l'eau; de sorte que le mélange intime des corps employés s'obtient presque sans frais. Quand la pâte est devenue assez ferme par la

Digitized by Google

dessiccation, on l'étend en couche de 0m,08 à 0m,10 d'épaisseur sur une aire bien battue, et on la découpe en morceaux de formes plus ou moins régulières au moyen d'une bêche dont le tranchant présente deux lignes droites formant un angle presque droit. On laisse un peu durcir ces espèces de briquettes, et on les soumet à la cuisson.

Voici, du reste, comment on peut établir en moyenne le prix de revient de la fabrication d'un mètre cube de chaux hydraulique artificielle à simple cuisson.

Indemnité de terrain, suivant les localités.	pour mémoire.
Extraction et approche des matières premières, comme craie, marne et argile, puis des fours, suivant les distances.	pour mémoire.
Trituration, mélange et façon des briquettes.	4,00
Charbon pour la cuisson, 2 à 2,5 hectolitres, suivant le pays. . . .	pour mémoire.
Charge, soin du four et emmagasinement.	2,50
Frais d'établissement par mètre cube.	2,00
Prix du mètre cube.	

La chaux hydraulique artificielle à double cuisson s'obtient en mélangeant l'argile à la chaux grasse cuite et éteinte. La manipulation est d'ailleurs la même que la précédente.

Le prix de revient peut en moyenne être établi de la manière suivante :

Un mètre cube de chaux grasse éteinte, suivant les pays.	pour mémoire.
Fourniture de 0,20 à 0,25 d'argile, suivant les distances de transport et les difficultés d'extraction.	pour mémoire.
Mélange de la chaux et de l'argile, trituration et façon des briquettes. .	3,00
Charbon pour la cuisson des briquettes, 1,5 hect. à 2,00 hect., suivant les pays.	pour mémoire.
Charge, soin du four et emmagasinement.	2,50
Frais d'établissement et de roulement par mètre cube.	2,25

Les bénéfices sont compris dans les deux sous-détails que nous venons de donner et évalués à environ 12 p. 100. On suppose, en outre, que le prix de la journée de manœuvre est de 2f,25, et qu'un chaufournier est payé 4f,00.

Voici, du reste, d'après M. Vicat, le prix de revient de la chaux hydraulique artificielle employée au pont de Souillac. C'était le premier essai en grand et on se trouvait dans des circonstances assez difficiles.

Fournitures.

34mc,55 de chaux grasse vive, laquelle sera rendue par la fournée (mémoire).	00,00	
5mc,76 d'argile cubée en poussière à 6f le mètre cube.	34,56	
43mc,18 de pierre calcaire à chaux grasse pour rendre la chaux empruntée et former la base du chargement à 3f l'un.	129,54	
150mc de bois à brûler à 4f,20 l'un.	630,00	
	794,10	
Total des fournitures.		794,10
A reporter.		794,10

Report.		794,10
Main-d'œuvre.		
Extinction par immersion de 34mc,55 de chaux grasse 56 journées à 1f,50 l'une.	84,00	
Mélange de cette chaux avec l'argile, 140 journées à 1f,50. . .	210,00	
Division de la pâte et étalage au soleil, 65 journées à 1f,50. . . .	97,50	
Enlèvement, transport et emmétrage de 50mc de froment, 16 journées à 1f,50.	24,00	
Le chargement dans le four de 50mc de pierre à chaux factice et de 43mc,18 de pierre à chaux grasse ont employé :		
7 journées de maître-chaufournier, à 3f.	21,00	
36,4 journées d'aides, à 2f. . .	72,80	
La cuisson et l'entretien du feu pendant 6 jours ont employé :		
12 journées de maître-chaufournier, à 3f.	36,00	
24 journées d'aides, à 2f. . .	48,00	
Total de la main-d'œuvre.	593,30	
		593,30
Total de la dépense.		1387,40
1/5 pour faux-frais et bénéfices. . . .		277,50
Valeur de 50mc de chaux factice, réduite à 40 par le retrait de la matière.		1664,90

Soit 41f,62 le mètre cube. Mais nous répétons que ce prix est beaucoup trop élevé, puisque le mélange se faisait à la main, la cuisson dans des fours intermittents, etc.

§ 2. CIMENTS. Nous décrirons sous ce nom différentes variétés de chaux éminemment hydrauliques qui jouissent de la propriété remarquable de se solidifier en quelques heures, soit au contact de l'air, soit sous l'eau.

MM. Wyatts et Parker obtinrent à Londres, en 1796, une patente pour la fabrication d'une nouvelle espèce de chaux qu'ils désignèrent improprement sous le nom de *ciment romain*. On fabrique en Angleterre une très grande quantité de ce ciment, et on a publié à Londres un ouvrage volumineux sur son emploi et sur les usages auxquels on peut l'appliquer. Le ciment romain fait prise en 15 ou 20 minutes. Il acquiert en peu de temps une grande dureté, surtout lorsqu'il est dans l'eau, n'éprouve aucun retrait, et ne présente ni fentes ni gerçures. Les façades de presque toutes les maisons de Londres sont enduites d'une couche de ciment mélangé d'environ 60 p. 100 de sable quarzeux fin. On emploie ce ciment en grande quantité à la digue de Cherbourg (Manche).

La pierre à ciment d'Angleterre renferme :

Carbonate de chaux.	65,7
Carbonate de magnésie. . . .	0,5
Carbonate de fer.	6.0
Carbonate de manganèse. . .	1,6
Silice.	18,0
Alumine.	6,6
Eau.	1.6
	100,0

C'est un calcaire à grain fin, très dur, d'un gris bleu; sa densité est très considérable : elle est 2,59. Ces calcaires sont cuits dans des fours à houille à feu continu. On doit conduire le feu avec beaucoup de soin, car ce calcaire éprouve facilement un commencement de fusion qui le rend impropre à toute espèce

Digitized by Google

d'usage. Après la cuisson, on le réduit en poudre au moyen de meules verticales et on l'expédie dans des tonneaux bien fermés.

Il existe près de Boulogne des falaises composées de bancs d'argile mêlée de galets tout à fait semblables au calcaire à ciment d'Angleterre. On a fabriqué avec ces galets du *plâtre-ciment* qui ne différait en rien de celui de Parker. Il renfermait :

Chaux.	56
Argile.	31
Oxyde de fer.	13
	100

M. Lacordaire a découvert à Pouilly des amas considérables d'un calcaire qui fournit un ciment supérieur à certains égards au ciment anglais. La couleur foncée de ces différents ciments rendait leur emploi impossible pour le ragréement des maçonneries en pierres blanches. On commence à trouver en grande quantité dans le commerce un ciment de Vassy, qui est d'une couleur presque blanche et qui jouit des mêmes propriétés que les ciments dont nous venons de parler. On l'emploie avec avantage pour restaurer les pierres épaufrées, etc.

Les ciments calcaires sont d'un emploi continuel dans les travaux hydrauliques de toute nature. Ils sont surtout précieux dans les travaux à la mer : s'il s'agit, par exemple, de mettre à l'abri des vagues une partie de maçonnerie construite à la hâte pendant la basse mer, on applique une couche de ciment qui empêche le délayage des mortiers frais et leur donne le temps de faire prise. Dans une grande fouille, une source inonde les travaux, les épuisements ne peuvent la surmonter ; avec le ciment on peut presque toujours la vaincre. On la réunit en un point ; on élève rapidement autour de sa sortie une petite tour en briques cimentées, dans laquelle l'eau s'élève bientôt assez pour faire équilibre à la force jaillissante de la source. On jette alors au fond de cette espèce de puits quelques blocs de ciment qui ferment l'ouverture. Après quelques heures, on peut démolir l'ouvrage en briques, la source est emprisonnée pour toujours.

L'application des ciments est assez délicate et exerce la plus grande influence sur les résultats qu'ils présentent. On doit les gâcher en consistance convenable et en petites quantités à la fois, et les appliquer en les pressant fortement et appliquant toujours une couche sur une autre encore fraîche sans jamais interrompre le travail. Quand on opère sur des matériaux secs, il faut, avant d'appliquer le ciment, les nettoyer soigneusement, et les mouiller d'une manière complète en les arrosant avec le jet d'une pompe à incendie ou à arrosage.

Nous avons vu que l'on peut fabriquer de la chaux hydraulique artificielle en mélangeant les éléments que l'analyse nous fait découvrir dans les chaux hydrauliques naturelles. Peut-on de même former des ciments en cuisant des calcaires avec 30 ou 35 p. 100 d'argile ? Jusqu'à présent les mélanges ainsi composés ont fourni des composés très hydrauliques, mais, il faut le dire, différents des ciments naturels et incapables de les remplacer. La composition n'influe pas seule sur la promptitude de la prise et la dureté du composé ; l'état d'agrégation du calcaire doit jouer un rôle important, et il est impossible, par les procédés habituellement suivis, de donner aux mélanges la dureté, et surtout la densité considérable que présentent les calcaires qui fournissent maintenant les ciments. Cependant la préparation artificielle des ciments est probablement un problème que l'industrie finira par résoudre. Quelques essais en petit me portent même à croire que la solution est assez facile. Du reste, les calcaires de toute espèce sont si abondants dans la nature qu'il y a lieu d'espérer que des recherches entreprises pour trouver des pierres à ciment seront dans beaucoup de localités couronnées d'un plein succès. Dans les terrains des marnes irisées du département de Saône-et-Loire, on a trouvé des calcaires qui donnaient d'excellents ciments. Malheureusement il y avait des échantillons riches en magnésie que l'on ne pouvait pas distinguer pour les séparer, et les portions de ciment qui les renfermaient ont présenté de fâcheux résultats qui ont fait rejeter ce produit par les constructeurs.

§ 3. SABLE. Les sables sont les substances que l'on mélange le plus habituellement à la chaux pour former les mortiers. Nous examinerons plus loin quel est le rôle du sable dans les mortiers, nous ne voulons indiquer maintenant que les qualités qu'il doit présenter.

Les sables proviennent de la désagrégation des roches granitiques, basaltiques, quarzeuses, etc. Ils renferment les mêmes éléments que les roches qui leur ont donné naissance. On distingue les sables des poussières en ce qu'ils se précipitent sur-le-champ quand on les agite dans une eau limpide, et cela sans en altérer sensiblement la transparence.

Les roches en se désagrégeant produisent souvent des poussières qui restent mélangées avec les sables formés en même temps et les rendent *gras*, c'est-à-dire susceptibles d'acquérir une certaine consistance lorsqu'on les détrempe avec de l'eau.

La pureté des sables entraînés par les rivières est souvent altérée par le mélange de substances terreuses qui les rendent limoneux. On doit éviter dans la fabrication des mortiers les sables ainsi mélangés.

Le sable entraîné par les rivières n'est pas le seul employé dans les constructions. On rencontre souvent de grandes masses de sable là où ne coulent plus aujourd'hui ni ruisseaux ni rivières. Ce sont les sables *fossiles*. Ils offrent en général des grains plus anguleux que le sable de mer ou de rivière. Il faut bien les distinguer des sables *vierges* produits par des causes encore agissant aujourd'hui, et qui se trouvent, par exemple, au pied de certaines montagnes granitiques.

On trouve très peu de sables calcaires ; les roches de cette nature sont trop tendres pour se réduire en sable, elles ne fournissent que des poussières. Aussi la Marne, qui prend sa source et qui coule presque toujours dans des terrains calcaires, ne roule-t-elle qu'un limon vaseux.

Les auteurs engagent en général à éviter l'emploi du sable de mer. Ce conseil ne doit pas être pris à la lettre. On doit certainement éviter l'emploi des sables imprégnés de sels déliquescents ; mais toutes les fois que l'on trouve sur les bords de la mer des graviers, ou même des sables fins souvent lavés ou que l'on peut laisser exposés à l'air et à la pluie pendant quelque temps, leur usage ne peut présenter aucun inconvénient, et nous les avons vu souvent employer avec succès pour des travaux importants. Nous avons vu démolir, en Bretagne, une vieille jetée dont la construction remontait à une époque fort reculée ; le mortier était encore excellent, et nous avons pu reconnaître que le sable qui le formait avait été pris sur la grève : car il ressemblait parfaitement à celui que l'on y trouve encore aujourd'hui. D'ailleurs il eût été impossible de le prendre à une autre source ; car les environs étaient tout-à-fait dépourvus de gravières.

Les sables quarzeux purs ne sont pas attaqués par les acides. La chaux est aussi sans action chimique sur les sables purs. M. Berthault a démontré que l'on peut retirer d'un mortier tout le sable qu'il renferme et qu'il n'a ni perdu de son poids ni subi aucune altération par son long contact avec la chaux. Le sable ne donne pas à la chaux la propriété de prendre sous l'eau ; c'est sous

Digitized by Google

ce rapport une matière inerte. On ne doit pas conclure de là que le sable est sans utilité dans les mortiers ; outre l'économie qu'il procure dans la fabrication, il joue un rôle important dans leur solidification et dans le degré de résistance qu'ils présentent, comme nous le verrons plus loin (chap. II). Mais il ne modifie pas les propriétés dues aux actions chimiques.

§ 4. POUZZOLANES. Nous nous occuperons dans ce paragraphe, non seulement de la pouzzolane proprement dite, mais encore des *arènes*, des *psammites* et en général de toutes les substances dont la combinaison *à froid* avec la chaux grasse produit des mortiers hydrauliques. Le mode d'action de tous ces corps étant analogue, nous avons cru devoir les réunir.

Nous avons déjà dit que la *calcination* de la chaux grasse et de l'argile produit un composé susceptible de durcir sous l'eau, nous allons maintenant faire connaître les méthodes qui permettent de produire à froid, par la voie humide, le même composé, ou du moins un composé jouissant des mêmes propriétés. Le sujet que nous allons traiter présente une grande confusion : beaucoup de faits encore douteux. Nous nous efforcerons d'être clairs sans oser l'espérer.

1° *Pouzzolanes naturelles*. La pouzzolane proprement dite est une matière volcanique, pulvérulente, d'un rouge violet, exploitée pour la première fois par les Romains, près de Pouzzoles, en Italie, où elle existe en quantité considérable. On a cru pendant longtemps que la pouzzolane n'existait que dans la localité que nous venons d'indiquer; aussi la faisait-on venir à grand frais toutes les fois que l'on avait besoin d'un mortier hydraulique. Les environs de Rome en fournissent également, et le naturaliste Faujas de Saint-Fond a démontré qu'il en existe en France, ce que beaucoup d'autres personnes ont, du reste, reconnu depuis lui. On rencontre ces composés dans les terrains volcaniques brûlants et les terrains volcaniques à cratères. Souvent il en existe des couches plus ou moins puissantes, soit au pied des coulées de lave, soit entre les couches de deux coulées successives. Certaines laves poreuses peuvent elles-mêmes servir comme pouzzolanes après avoir été réduites en poussière.

Les pouzzolanes sont caverneuses, scoriacées et portent l'empreinte d'un feu plus ou moins violent. Leur couleur varie du noir au brun; elles passent au jaune et même au rouge suivant les quantités d'oxyde de fer qu'elles renferment. Toutes ces substances sont composées de silice et d'alumine combinées avec un peu de chaux, et quelquefois de potasse, de soude, de magnésie et de fer. Elles renferment en outre du peroxyde de fer simplement mélangé.

On doit toujours réduire les pouzzolanes en poudre avant de les employer. Leur action est d'autant plus énergique, toutes choses égales d'ailleurs, que leur pulvérisation est plus parfaite. Cette opération s'exécute assez facilement au moyen de meules verticales tournant dans une auge circulaire. On a proposé l'emploi de cylindres cannelés tournant les uns contre les autres, ou bien une espèce de grand moulin à café formé d'une noix conique en fonte tournant dans un vase du même métal. Ces appareils, assez satisfaisants en théorie, donnent de mauvais résultats pratiques, parce qu'il arrive toujours, malgré les soins apportés à écarter l'humidité et les autres accidents, que les cannelures se remplissent de la matière, de sorte qu'après quelque temps on n'a plus qu'un laminoir qui ne *moud* plus du tout la pouzzolane. Autrefois, on expédiait d'Italie la pouzzolane en fragments; on commence aujourd'hui à la pulvériser dans le pays, d'après les conseils de M. Poirel, ingénieur des travaux du port d'Alger; qui se trouva forcé d'en consommer une grande quantité au commencement de son service. La pulvérisation effectuée en Italie, dans des ateliers spéciaux, doit certainement coûter moins cher que partout ailleurs; cependant, nous conseillerons toujours aux personnes qui auront à employer de la pouzzolane d'Italie de la demander en fragments. Car une fois réduite en poudre, il est facile de la falsifier, et la fraude serait alors assez difficile à reconnaître.

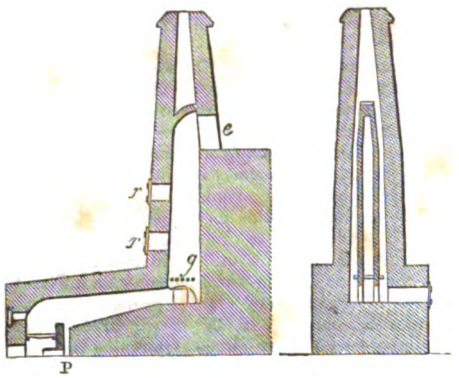
2° *Pouzzolanes artificielles*. On donne ce nom, par analogie, à toutes les substances qui peuvent, par une préparation convenable, former avec de la chaux grasse un mortier susceptible de durcir sous l'eau. — Les composés rangés dans cette catégorie sont assez nombreux. Nous les examinerons successivement.

Les argiles, composées, comme on sait, de silice et d'alumine et plus ou moins mélangées de carbonate de chaux et d'oxyde de fer se transforment en excellentes pouzzolanes par l'action d'une calcination convenable. — La cuisson de l'argile peut s'exécuter de différentes manières. Le premier moyen qui se présente consiste à la réduire en poudre et à la faire rougir sur des plaques en fer exposées à l'action du feu. On remue sans cesse la matière pour que toutes les parties atteignent la même température. L'expérience indique bientôt le temps nécessaire et la température la plus convenable. Ce procédé n'a pas encore été employé dans les arts : ce serait le meilleur si on pouvait le rendre économique. On arriverait probablement à ce résultat par l'emploi d'un cylindre en fonte chauffé extérieurement et animé d'un mouvement de rotation sur son axe. L'argile introduite à l'une des extrémités du cylindre sortirait à l'autre extrémité calcinée aussi uniformément que possible. — Cette disposition a déjà été employée par un fabricant de Saône-et-Loire; mais il n'a pas donné suite à ses expériences à ce sujet.

Il est bien constaté que le contact de l'air pendant la cuisson des matières pouzzolaniques développe singulièrement leurs propriétés. La nature de cette action n'est pas parfaitement expliquée; mais il n'en est pas moins vrai que l'on doit tenir compte de ce fait. Il convient donc de rendre les argiles, avant leur cuisson, le plus poreuses possible. On peut obtenir ce résultat en les mélangeant avec du sable quarzeux; mais ce moyen présente l'inconvénient d'altérer la pureté des pouzzolanes obtenues. Il vaut mieux mêler l'argile avec des matières combustibles, de la sciure de bois, de la paille hachée ou de la balle de blé. Le plus souvent on ne prend aucune de ces précautions : on se contente de diviser l'argile en fragments gros comme des œufs et à la soumettre, dans cet état, à une température convenable. La méthode généralement employée pour la cuisson des argiles à pouzzolanes consiste à les placer à la partie supérieure des fours à chaux. La violence des courants d'air qui existent dans ces appareils favorise beaucoup la transformation de l'argile en pouzzolane. Dans une fabrication régulière de quelque importance, l'emploi de fours à réverbère produit d'excellents résultats. M. Petot a fait construire à Brest pour la cuisson des pouzzolanes un four à réverbère d'une forme particulière dont les fig. 1884 et 1885 feront comprendre la disposition. La cheminée est partagée dans une partie de sa longueur en trois compartiments. On introduit la matière à calciner par l'ouverture *e* dans le compartiment du milieu : elle s'échauffe en descendant et arrive bientôt sur la tôle ou s'étend en couches minces au moyen de ringards. Quand la torréfaction est terminée, on amène la pouzzolane dans le puisard P situé derrière l'autel et on la retire quand son refroidissement est complet. — Les ouvertures *r*, *r* servent à agiter et à faire tomber les substances si elles venaient à s'agglutiner et à s'arrêter dans la cheminée. La grille *g* empêche qu'une trop grande masse de pouzzolane tombe à la fois sur la sole. Dans quelques fours plus perfectionnés il y a jusqu'à trois soles superposées que la pouzzolane parcourt successivement.

Digitized by Google

Ce que nous avons dit de la pulvérisation des pouzzolanes naturelles s'applique à celles qui nous occupent



1884. 1885.

maintenant et à toutes les variétés que nous avons encore à décrire.

La durée et l'intensité de la torréfaction exerce sur ces produits une énorme influence. Il importe de l'étudier avec soin. Voici le résultat de quelques expériences exécutées sur une argile ocreuse.

Durée de la torréfaction.	Perte de poids.	Ordre dans lequel a eu lieu la vitesse de prise des mortiers	Dureté après 2 mois.
minutes.	grammes.		
5	11.00	4	900
7	11.00	3	1000
10	9.50	3	1000
15	9.65	2	1100
20	11.60	1	1500
25	11.80	1	1500
30	12.20	2	1200
40	12.50	4	600
60	11.00	5	500
120	11.00	6	200

On voit par ce tableau que l'intensité de la pouzzolane augmente d'abord pour décroître ensuite. Le point le plus convenable répond à peu près à la température de cuisson de la chaux ou de la bonne brique.

Les arènes sont des sables, formés sur place par la décomposition des roches anciennes, qui forment avec la chaux grasse des mortiers hydrauliques. La couleur de ces sables varie du rouge brun au jaunâtre. Ils sont très abondants à la limite des terrains anciens et des terrains secondaires; ils occupent ordinairement le sommet des collines arrondies et peu élevées : on les rencontre fréquemment dans le Périgord et la Champagne.

M. Girard de Caudenberg, ingénieur qui s'est livré à une étude alternative des arènes, a reconnu qu'elles doivent leurs propriétés à l'argile qu'elles contiennent en plus ou moins grande quantité. Une légère calcination augmente l'énergie de leurs propriétés.

On confond sous le nom de *psammites* des espèces très nombreuses d'assemblages de grains de quartz, de mica, de feldspath et de schiste agglutinés par des ciments variables. Nous n'avons à considérer, au point de vue qui nous occupe, que les psammites schistoïdes, jaunes, rouges, ou bruns, à grains fins, onctueux au toucher et faisant pâte argileuse avec l'eau. Ils proviennent de la décomposition des roches schisteuses primitives. On les trouve en veines dans les schistes du département du Finistère. M. l'ingénieur Avril, qui les a employées pour le canal de Nantes à Brest, mêlait une partie de chaux grasse en pâte et trois parties de psammite calciné et pulvérisé. Le mortier faisait prise après 17 jours d'immersion.

Certains *grès* friables renferment une gangue argileuse qui leur donne la propriété de rendre hydraulique le mortier de chaux grasse. M. Minard les a observés pour la première fois auprès de La Fère, à l'époque de la construction du canal de Saint-Quentin. Ces grès existent en bancs plus ou moins épais, reposant sur la craie. Leur dureté est variable, ils jouissent de propriétés pouzzolaniques d'autant plus énergiques qu'ils sont plus compactes. Mais les frais de pulvérisation seraient considérables avec des roches dures; on se borne donc à l'emploi, encore suffisant, des parties assez friables pour être désagrégées pour un seul passage à la claie.

Les grès pouzzolaniques torréfiés en plein air sur une plaque de tôle deviennent plus énergiques. Calcinés au contraire en vases clos, ou même dans un four à chaux ordinaire, ils perdent en partie leurs propriétés. La meilleure proportion du mélange paraît être de trois parties de grès et d'une de chaux grasse en poudre. Les mortiers sont assez gras, vu la ténuité du grès; on doit les brasser avec soin et à deux reprises différentes à quelques heures d'intervalle.

On désigne, improprement dans les constructions, sous le nom de *ciment*, de la brique ou du tuileau pulvérisé que l'on mêle à la chaux. L'emploi de ces corps ne peut présenter aucune sécurité : on conçoit en effet que l'on met au rebut les pièces trop ou trop peu cuites, que d'ailleurs les briques sont mélangées de sable, et même souvent fabriquées avec des terres grasses, et non avec des argiles, de sorte qu'il est impossible de compter sur la régularité des effets obtenus.

Les *cendres de houille* ou *de tourbe* présentent quelquefois des propriétés pouzzolaniques assez développées; mais elles sont souvent tout à fait inertes. L'emploi de ces substances ne sera jamais d'une grande importance.

Les *laitiers* de haut-fourneau, les *crasses* de forges, connues sous le nom de *mâchefer*, ne sont que des pouzzolanes peu énergiques. On ne doit les mêler qu'à des chaux déjà un peu hydrauliques par elles-mêmes.

On a quelquefois employé avec succès une combinaison particulière d'argile et de potasse, connue sous le nom de *ciment d'eau forte*; mais ce produit ne se rencontre plus dans le commerce, depuis que l'on fabrique l'acide nitrique en décomposant par l'acide sulfurique le nitrate de potasse.

Nous venons de passer en revue les différentes substances que l'on mélange ordinairement à la chaux pour former les mortiers hydrauliques; nous allons examiner en peu de mots les propriétés chimiques de ces différents corps.

Les pouzzolanes naturelles ou artificielles, et les substances que nous avons rangées par analogie dans la même division, peuvent être partagées, comme l'a fait M. Vicat, en trois classes principales. Les matières *très énergiques* mêlées avec la chaux grasse produisent un mortier qui fait prise du premier au troisième jour après l'immersion, et qui, après un an, est aussi dur que la bonne brique et donne avec la scie à ressort une poussière sèche. Les matières *énergiques*, dans les mêmes circonstances, donnent un mortier qui ne fait prise que du quatrième au huitième jour, qui ne présente après un an que la dureté de la pierre tendre, et qui donne avec la scie à ressort une poussière humide. Enfin, les matières *peu énergiques* produisent des mortiers qui ne font prise que du dixième au vingtième jour, qui n'atteignent jamais que la consistance du savon et qui empâtent la scie à ressort. Nous avons déjà vu d'ailleurs que les sables sont des matières inertes.

Digitized by Google

Cela posé, nous dirons d'abord que rien dans les caractères physiques ne peut faire juger d'une manière, même approximative, du degré d'énergie de ces différents corps. On doit seulement remarquer que les matières vitrifiées et très denses sont toujours médiocres. L'expérience directe peut seule donner des renseignements positifs. Les caractères chimiques sont eux-mêmes assez incertains ; cependant ils peuvent fournir des indications importantes.

L'argile des arènes séparée de son sable, et les psammites mis en contact pendant quelques jours avec l'acide hydrochlorique, abandonnent une partie de leur fer et de leur alumine.

L'acide hydrochlorique dissout la chaux et l'oxyde de fer qui se trouvent dans les argiles ordinaires, mais il n'attaque presque pas l'alumine qu'elles renferment.

L'action des acides sur les pouzzolanes naturelles et artificielles est très variée. Quelquefois il se dissout une grande quantité de fer et d'alumine ; dans d'autres circonstances la matière n'est nullement attaquée. Les éléments de ces divers composés se trouvent donc engagés dans des états de combinaison très différents : les uns sont simplement mélangés, les autres sont retenus par une affinité ou une cohésion énergique.

Les essais par les acides ne donnent donc que des indications assez vagues. Il n'en est pas de même de l'action de l'eau de chaux qui mérite un examen très attentif, et qui pourra peut être donner plus tard un moyen de mesurer exactement et en peu de temps la puissance pouzzolanique d'une substance donnée.

L'eau de chaux mise en contact avec une quantité suffisante d'arènes, de pouzzolanes, etc., réduites en poudre est rapidement décomposée ; la chaux se combine à la substance employée et se précipite avec elle. Cette action est d'autant plus énergique que la propriété pouzzolanique de la matière est plus développée. L'essai se réduit donc à projeter de petites quantités de pouzzolane dans un volume déterminé d'eau de chaux, jusqu'à ce que toute la chaux soit précipitée, ce que l'on reconnaît à ce que le liquide n'est plus troublé par l'addition d'une goutte de carbonate de soude. La puissance pouzzolanique est proportionnelle au volume d'eau de chaux décomposée, et la dureté du mortier fabriqué avec la substance soumise à l'essai paraît suivre la même loi. Voici une expérience de M. Vicat qui le démontre d'une manière assez exacte.

Pouzzolane employée.	Eau de chaux dépouillée.	Résistance du mortier.
100 parties	700	640
100 p. d'un autre échantillon.	66	97

Voici du reste, d'après le même ingénieur, les quantités d'eau de chaux qui peuvent être décomposées par différentes matières pouzzolaniques :

		Eau de chaux dépouillée.
Argiles crues.	100 parties d'argile des arènes.	1100
	100 p. de bonnes argiles à pouzzolane à l'état naturel. . .	400 à 500
Argiles cuites.	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée au rouge à l'air.	260
	100 p. de bonne argile à pouzzolane calcinée en vases clos.	100
	100 p. d'argile donnant une pouzzolane médiocre. . .	60 à 80
	100 p. d'argile donnant une mauvaise pouzzolane. . .	25 à 38
	100 p. de pouzzolane d'Italie. .	147

On peut évaluer, en général, de la manière suivante le prix de revient du mètre cube de pouzzolane artificielle fabriquée par la cuisson d'une argile convenable.

Extraction, indemnité de terrain et transport aux fours (suivant les localités).	mémoire.
Arrosage, trituration, façon des briquettes, une journée de manœuvre.	1f,50
Charge, soin du four, décharge. . . .	1f,50
1 hectolitre de charbon de terre (suivant les pays).	mémoire.
Pulvérisation tamisage et emmagasinement.	4f,00
Frais d'établissement pour manége, fours, machine à pulveriser, estimés par mètre cube.	2f,00
Prix du mètre cube. . . .	

Le bénéfice d'environ 10 p. 100 est compris dans les prix ci-dessus.

CHAPITRE II.

DE LA FABRICATION ET DE L'EMPLOI DES MORTIERS ET DES BÉTONS.

§ I. *Extinction de la chaux.* Les procédés employés pour éteindre la chaux, c'est-à-dire la combiner avec une quantité convenable d'eau, sont au nombre de trois. Cette opération préliminaire de la fabrication des mortiers exerce une assez grande influence sur leurs qualités. Nous devons l'examiner avec quelques détails.

Procédé ordinaire. La méthode la plus généralement employée consiste à jeter la chaux dans une quantité d'eau suffisante pour la transformer en bouillie épaisse. La chaux s'échauffe, se fend avec bruit, se boursouffle et se réduit en pâte ou en bouillie. Ces phénomènes sont plus ou moins prononcés, suivant la qualité de la chaux employée.

On doit surveiller attentivement les ouvriers chargés d'éteindre de la chaux. Pour diminuer le travail ultérieur du mélange du mortier, ils sont toujours portés à mettre beaucoup trop d'eau. La chaux se réduit alors en bouillie claire, se trouve noyée, comme disent les maçons, et perd beaucoup de sa qualité. Cette recommandation est d'une haute importance. Il arrive quelquefois aussi que certains morceaux n'ont été atteints que par une petite quantité d'eau ; ils décrépitent à sec et atteignent une très haute température ; si on vient alors à projeter de l'eau dessus, ils se divisent fort mal et ne donnent plus alors que de la chaux grenue. On peut éviter cet inconvénient en les mouillant peu à peu avec précaution ; mais il vaut mieux donner dès le commencement toute l'eau nécessaire.

Les chaux grasses éteintes en bouillie fort épaisse donnent deux ou trois volumes pour un ; une partie en poids retient 2,34 parties d'eau. Les chaux maigres et les chaux hydrauliques, dans les mêmes circonstances, ne donneront qu'un volume et demi, ou un volume et un quart pour un.

La chaux obtenue par le procédé ordinaire que nous venons de décrire est dite coulée, fondue ou amortie. La chaux en pâte, renfermée dans une fosse humide, peut se conserver fort longtemps dans cet état ; on en a vu qui après 500 ans était encore onctueuse et propre à faire d'excellent mortier. La chaux hydraulique, au contraire, durcit en très peu de temps. Les ouvriers qui veulent encore l'employer dans cet état la détrempent en ajoutant de l'eau et la brassent fortement ; on ne peut ainsi fabriquer que du détestable mortier. La chaux durcie et remaniée avec de l'eau est amortie ; elle a perdu toutes les propriétés qui la rendaient précieuse.

Quand on n'a qu'une petite quantité de chaux à éteindre, on se contente de la placer sur une aire bien unie et de verser dessus l'eau nécessaire, après l'avoir entourée d'une petite bordure élevée avec le sable même qui doit servir à former le mortier. Dans les grands chantiers de construction, l'atelier d'extinction est disposé avec plus de soin. On établit une fosse en maçonne-

Digitized by Google

rie ou en planches de 0m,50 à 0m,70 de profondeur et d'une étendue plus ou moins grande, mais cependant qui ne doit pas dépasser 12 ou 15 mètres carrés. Il vaut mieux avoir plusieurs petites fosses qu'une seule trop grande, l'opération est plus facile à surveiller et à exécuter. La fosse d'extinction est placée un peu au-dessus d'une fosse plus vaste dans laquelle on fait tomber, par une petite vanne, la chaux réduite en pâte. On prend la chaux conservée dans ce dernier bassin, quand on en a besoin. La chaux hydraulique ne doit être éteinte que peu de temps avant d'être employée. Le choix de la position des bassins dont nous venons de parler n'est pas sans importance; l'eau doit y arriver facilement par un tuyau en plomb garni d'un robinet auquel il est convenable de pouvoir ajuster un tuyau flexible, terminé par une tête d'arrosoir pour verser l'eau successivement sur tous les points du bassin d'extinction. Il faut d'ailleurs que ce bassin soit, autant que possible, plus élevé que les tonneaux ou autres appareils pour la fabrication du mortier, afin que les matières, n'ayant qu'à descendre, n'exigent pas des frais considérables de bardage, soit à dos, soit en brouette.

Extinction par immersion. Le second procédé consiste à plonger la chaux vive dans l'eau pendant quelques secondes et à la retirer avant qu'elle n'ait fusé. Elle siffle, éclate avec bruit, répand des vapeurs brûlantes et tombe en poussière. On peut la conserver longtemps dans cet état, pourvu qu'elle soit à l'abri de l'humidité. Elle ne s'échauffe plus quand on la détrempe.

100 parties en poids de chaux grasse éteinte par ce procédé retiennent environ 18 parties d'eau, et 100 volumes fournissent 150 à 170 volumes de poussière éteinte et non tassée.

Les chaux hydrauliques éteintes par le même procédé retiennent 20 à 35 pour 100 d'eau, et leur volume augmente dans le rapport de 1 à 1,8 et même 2,18.

L'extinction de la chaux grasse par ce procédé exige certains soins. Il faut réduire la chaux en très petits fragments et la renfermer, avant qu'elle ne fuse, dans des futailles. Sans ces précautions, la chaux ne retient pas assez d'eau et se divise en petits fragments qui ne se réduisent plus en pâte, comme nous l'avons dit dans le premier procédé.

L'extinction par immersion s'exécute en grand avec assez de facilité. Ce procédé donne même le moyen de séparer les incuits d'une manière complète et rapide. La chaux à éteindre est placée par petites portions dans des paniers ou dans des seaux à fonds mobiles suspendus par une corde à la volée d'une grue. On les plonge un moment dans l'eau, puis on les enlève, et en faisant faire un demi-tour à la grue on amène la chaux au-dessus d'une chambre en maçonnerie où on la jette. Elle fuse bientôt et se réduit en poussière. On la fait alors tomber au moyen d'une trémie dans un cylindre incliné en tôle percée de trous et animé d'un mouvement rapide de rotation. La chaux pulvérulente passe à travers les trous de cette espèce de blutoir, et les incuits ou les biscuits qui n'ont pu s'éteindre sortent en fragments à l'extrémité inférieure du cylindre en tôle. La chambre où s'accumule la chaux éteinte et blutée doit communiquer au moyen d'une trémie avec le magasin situé au-dessous où l'on veut conserver cette substance. Pour l'expédition, on renferme la chaux hydraulique éteinte par ce procédé dans des sacs en toile bien fermés.

Extinction spontanée. Le troisième procédé consiste à abandonner la chaux au contact de l'air. Elle se réduit en poussière après un temps plus ou moins long en dégageant une petite quantité de chaleur. La chaux grasse absorbe ainsi les 2/5 de son poids d'eau, et le foisonnement est de 2 fois 1/2 le volume primitif. Les chaux hydrauliques ne retiennent que 1/8 de leur poids d'eau. Leur volume augmente dans le rapport de 1 à 1,75 ou 2. La chaux ainsi exposée à l'air absorbe aussi de l'acide carbonique. L'énergie de cette dernière action varie avec la nature de la chaux sur laquelle on opère, mais jamais la saturation ne devient complète. On conçoit fort bien, en effet, que le carbonate formé autour de chaque grain de chaux forme une espèce de vernis qui s'oppose à la combinaison de l'acide carbonique avec la chaux vive qui existe encore au centre du globule. De sorte que la chaux, exposée à l'air, n'est qu'une poussière dont chaque grain est composé intérieurement de chaux vive et extérieurement de carbonate de chaux régénéré.

La chaux, réduite en pâte d'égale consistance par les différents procédés que nous venons de décrire, ne renferme pas la même quantité d'eau dans un même volume. De nouvelles expériences seraient nécessaires pour faire connaître d'une manière complète l'influence du procédé d'extinction sur la qualité des mortiers. Le premier procédé est incontestablement le meilleur pour les chaux hydrauliques. M. Vicat pense que le troisième serait le plus convenable pour les chaux grasses. Le général Treussart, au contraire, regarde l'extinction spontanée comme très mauvaise dans tous les cas. Nous sommes portés à partager cette opinion, parce que la chaux ainsi éteinte, étant toujours partiellement carbonatée, doit présenter les fâcheux effets des chaux imparfaitement cuites.

§ 2. DOSAGE DES MORTIERS. Les proportions dans lesquelles il convient de mélanger la chaux et les différentes substances dont nous avons parlé dépendent à la fois de la nature de ces substances et de l'emploi que l'on doit faire des mortiers. On peut dire, d'une manière générale, qu'il faut rapprocher les chaux grasses des pouzzolanes les plus énergiques, et, au contraire, les chaux éminemment hydrauliques des sables quarzeux et des matières inertes, de manière que la puissance pouzzolanique de la substance ajoutée augmente quand la propriété hydraulique de la chaux diminue. Quant aux proportions à adopter, il vaut mieux pécher par absence que par excès de chaux quand elle est grasse, et, au contraire, par absence que par excès de matières étrangères quand la chaux est hydraulique. Développons ces préceptes généraux.

Lorsque les mortiers doivent être constamment sous l'eau ou exposés à l'humidité, ils doivent, pour acquérir une grande dureté, être composés de l'une des manières suivantes :

1° Chaux grasses et pouzzolanes naturelles ou artificielles très énergiques.

2° Chaux moyennement hydrauliques et pouzzolanes énergiques, ou bien arènes de bonne qualité, ou enfin pouzzolane très énergique mêlée de moitié de sable.

3° Chaux hydrauliques et pouzzolanes peu énergiques, ou arènes, ou psammites médiocres, ou enfin pouzzolane très énergique mêlée de sable.

4° Chaux éminemment hydraulique et sable ou matières inertes.

Les mortiers exposés à l'air ne peuvent devenir très durs qu'autant qu'ils sont composés de chaux éminemment hydraulique et du sable, ou bien de chaux hydrauliques et de sable, ou autres substances inertes. Les chaux grasses ne peuvent jamais donner d'excellents résultats.

Les mortiers destinés à l'immersion renferment, en général, un volume de pouzzolane et 0,3 à 0,50 de pâte ferme de chaux grasse, ou bien 0,40 à 0,60 de pâte de chaux moyennement hydraulique, ou bien enfin un volume de sable, et 0,50 à 60 de chaux éminemment hydraulique.

La résistance des mortiers qui doivent rester exposés à l'air va en croissant quand la proportion de sable augmente depuis 50 jusqu'à 240 parties de sable pour

Digitized by Google

100 parties de chaux grasse éteinte par le procédé ordinaire. Quand la chaux grasse a été éteinte par immersion ou spontanément, la résistance du mortier augmente quand la proportion de sable varie de 50 à 220 parties de sable pour 100 de chaux, et décroît ensuite quand la dose de sable dépasse ce dernier chiffre.

La résistance des mortiers qui contiennent de la chaux moyennement hydraulique, éteinte par le procédé ordinaire, va en croissant quand la proportion de sable passe de 0 à 180 parties pour 100 de chaux.

Les proportions que nous venons d'indiquer n'ont rien d'absolu. Elles varient, nous le répétons, avec les qualités des matériaux. D'ailleurs la résistance *absolue* d'un mortier ne doit pas préoccuper exclusivement l'ingénieur; la rapidité de la prise, les difficultés de fabrication et surtout le prix de revient sont presque toujours pour lui d'une plus haute importance. Quand on est chargé d'un grand travail, il ne s'agit pas d'obtenir les mortiers les *plus résistants* possible, mais des mortiers *suffisamment résistants au plus bas prix possible*.

Les différentes substances qui composent les mortiers sont en grains, en poussière ou en pâte; quand on les mélange, elles forment une masse plus ou moins compacte dont le volume est moindre que la somme des volumes mélangés; il y a une contraction qui varie des 5/7 aux 4/5 du volume total des composants.

§ 3. Fabrication du mortier. Nous avons fait connaître les différentes matières qui entrent dans la composition des mortiers. Nous avons ensuite indiqué les proportions dans lesquelles il convient de les mélanger pour obtenir les résultats les plus avantageux; il ne nous reste plus qu'à décrire les procédés employés pour effectuer le mélange et la trituration de ces substances d'une manière à la fois complète et économique. Cette opération peut se faire à bras ou au moyen de machines.

Quand on ne doit fabriquer qu'une petite quantité de mortier, les frais d'établissement de machines ne seraient pas couverts, et alors on opère le mélange de la chaux avec le sable ou les pouzzolanes au moyen de rabots manœuvrés par des hommes. L'ouvrier pousse son rabot en avant en appuyant sur la partie plate de l'instrument et le ramène à lui en appuyant sur le tranchant. Ce double mouvement écrase et mélange la matière en la ramenant sans cesse vers l'ouvrier.

Le prix de revient de la fabrication, par ce procédé, de 1$^{m.c.}$ de mortier, non compris l'apport et le dosage, peut s'établir de la manière suivante: un chef d'atelier payé, je suppose, 3 fr. par jour, surveille facilement deux ateliers de 5 gâcheurs chacun et les hommes qui apportent et qui mesurent la matière. Le rabot coûte environ 5 fr. et peut servir à confectionner dans l'année environ 250$^{m.c.}$ de mortier; il exige environ 5 fr., dans le même temps, pour réparations, entretien et amortissement de sa valeur; de sorte que, si le prix de la journée de manœuvre est de 1 fr. 50 c., comme nous l'avons déjà supposé, le sous-détail de la fabrication de 1$^{m.c.}$ de mortier sera:

1 journée de manœuvre à 1 fr. 50 c..	1 fr. 50 c.
$\frac{1}{100}$ — de surveillant à 3 fr. . .	» 30
Frais d'outils.	» 02
Prix de la fabrication du mètre cube.	1 fr. 82 c.

Dans les grands travaux, on emploie presque toujours des moyens d'exécution plus puissants. On fabrique le mortier à l'aide de machines de formes très variées. Nous allons décrire successivement ces appareils.

Dans quelques circonstances exceptionnelles, près des bagnes par exemple, les ingénieurs disposent d'un très grand nombre d'ouvriers. On peut les employer à fabriquer le mortier au moyen d'un appareil qui semble avoir donné de bons résultats à quelques officiers du génie militaire. C'est un tonneau mobile autour d'un axe horizontal. Des planches fixées à la circonférence de ce tonneau et dirigées suivant des plans passant par l'axe, forment des espèces de marches sur lesquelles les hommes montent continuellement en faisant tourner le tonneau par leur propre poids. Les substances sont introduites par une des extrémités du tonneau, au moyen d'une trémie, et le mortier sort à l'autre extrémité. Le tonneau est garni intérieurement d'une série de chevilles sur lesquelles le mortier tombe continuellement et se trouve ainsi parfaitement mélangé. Six hommes et un surveillant peuvent faire marcher la machine et produisent environ 15$^{m.c.}$ de mortier par jour. La machine coûte environ 800 fr. Elle peut exiger 200 fr. de réparations annuelles et durer 10 ans, les débris seraient revendus 200 fr., l'intérêt de son capital est de 40 fr.; les frais d'outils annuels seraient donc de 300 fr. Pour 200 jours de travail par an, c'est-à-dire pour fabriquer 3,000$^{m.c.}$ de mortier, soit » fr. 30 c. par mètre cube. Le sous-détail de la fabrication, non compris le transport des matières, serait donc:

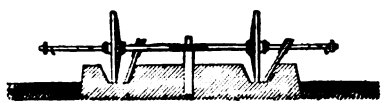
$\frac{8}{10}$ journée de manœuvre à 1 fr. 50 c. l'une.	0 fr. 60 c.
$\frac{1}{10}$ journée de surveillant à 3 fr.	» 20
Frais d'outils.	» 30
Fabrication de 1$^{m.c.}$ de mortier. .	1 fr. 10 c.

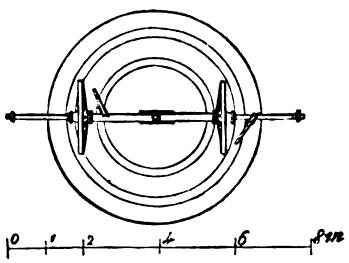
Ce prix de revient est moins élevé que le précédent, et il deviendrait encore plus faible si on suppose que les manœuvres sont des prisonniers dont la journée est presque sans valeur. Cependant nous ne donnons pas le dessin de cette machine, dont la construction n'est pas aussi rationnelle qu'on pourrait le désirer, et nous croyons que si on était obligé d'employer des hommes à ce genre de travail, il vaudrait encore mieux les appliquer à l'une des machines suivantes.

Nous avons vu employer, pour fabriquer du mortier, une machine analogue à celle des fabricants de chocolat. Deux cônes tronqués, en bois, remplis de pierres, écrasaient le mortier placé sur la plate-forme circulaire sur laquelle ils roulaient, des couteaux et des râteaux le remuaient ensuite pour ramener successivement toutes les parties de la masse sous l'action des cônes roulants. Cette machine donnait de mauvais résultats et exigeait beaucoup de force sans faire d'excellent mortier. Nous en avons seulement parlé pour mettre en garde contre elle les constructeurs qui pourraient être séduits par cette disposition qui paraît ingénieuse.

Tout le monde connaît la disposition des manéges à roues (fig. 1886 et 1887) employés pour faire le mortier

1886.





1887.

dans presque tous les grands chantiers. Des roues ordinairement au nombre de deux, parcourent une auge circulaire, peu profonde, et écrasent et mélangent les

Digitized by Google

matières. Des râteaux en fer, solidaires avec les roues, remuent sans cesse le mortier et amènent successivement toutes ses parties sous l'action des roues. Quand le mélange est parfait, on ouvre une trappe placée au fond de l'auge et le mortier, poussé par un râble en fer convenablement disposé, tombe en tas au-dessous du manége et peut être facilement recueilli et transporté. Ces manéges sont généralement mis en mouvement par un ou deux chevaux. Ces appareils, d'une grande simplicité, donnent, en général, d'excellents produits; je crois même qu'ils sont supérieurs à tous les autres moyens employés pour les mortiers très compactes, ceux, par exemple, qui ne renferment que de la chaux et de la pouzzolane.

Un manége à mortier conduit par 2 chevaux peut produire $20^{m.c.}$ de mortier par jour, soit $4000^{m.c.}$ par année de 200 jours de travail. Un surveillant peut diriger le dosage et la marche de deux appareils. Chaque manége exige en outre les soins d'un manœuvre. Cette machine coûte en moyenne 500 fr., savoir :

Maçonnerie.	150 fr.	500 fr.
Charronnage et fers. . .	250 fr.	

Son entretien annuel est de 50 fr. à peu près, l'intérêt de son capital est de 25 fr., et en supposant qu'elle dure dix ans on peut évaluer à 40 fr. sa dépréciation annuelle, de sorte que les frais d'outils pour la fabrication de $4000^{m.c.}$ s'élèvent à 115 fr. Le sous-détail de fabrication est donc le suivant :

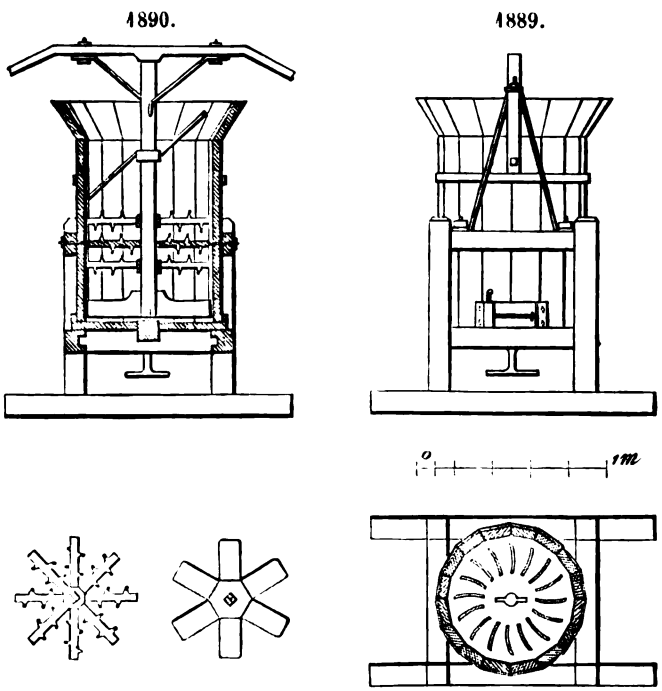
$\frac{2}{20}$ de journée de cheval à 5 fr. l'une. . . .	0,500
$\frac{1}{20}$ — manœuvre à 1 fr. 50 l'une.	0,075
$\frac{1}{40}$ — surveillant à 3 fr. l'une.	0,075
Frais d'outils $\frac{115}{4000}$	0,029
Prix de fabrication du mètre cube.	0f,679

Occupons-nous enfin des tonneaux à mortier. Ces machines sont aujourd'hui très employées. Elles présentent en effet beaucoup d'avantages. Elles occupent peu de place, leur surveillance est facile, leurs produits sont de bonne qualité et très abondants; le prix de fabrication d'un mètre cube de mortier est très faible. Nous pensons que c'est le meilleur appareil à employer pour les mortiers de sable et chaux; elles laissent dans ce cas très peu à désirer.

La forme et les dimensions des tonneaux à mortier varient beaucoup. Les uns sont cylindriques, les autres sont des troncs de cônes dont la grande base est tantôt en dessus, tantôt en dessous; certains tonneaux peuvent être manœuvrés par un ou deux hommes; une machine à vapeur de 12 chevaux suffit à peine pour faire mouvoir l'un de ces appareils employé aux travaux hydrauliques de Cherbourg. Chaque constructeur, pour ainsi dire, adopte une forme particulière, et il doit en être ainsi, car les proportions doivent changer avec les circonstances dans lesquelles on opère. Avouons cependant que jusqu'à présent aucune règle fixe n'a guidé les ingénieurs. Des expériences *directes* sur ce sujet seraient d'une haute importance, malheureusement il n'en existe pas; nous essaierons à la fin de cet article de donner quelques principes à cet égard : ayant étudié la marche d'un grand nombre de ces appareils, nous espérons présenter quelques observations utiles.

Pour éviter l'emploi d'un trop grand nombre de figures, nous ne donnerons que le dessin du tonneau breveté de M. l'architecte Roger, non pas, à beaucoup près, que ce soit le meilleur à notre avis, mais parce que nous pourrons faire comprendre tous les autres en nous aidant de la description complète de celui-ci.

Le tonneau à mortier de M. Roger se compose, comme l'indiquent les figures 1888, 1889 et 1890, d'une forte enveloppe en douves de chêne, cerclées en fer. Un arbre vertical, également en fer, porte à sa partie supérieure, une pièce horizontale à laquelle les chevaux sont attelés, et sur sa largeur une série de râteaux également en fer. L'un d'eux est représenté (fig. 1891). Le fond du tonneau (fig. 1888) est percé d'ouvertures à travers lesquelles s'écoule le mortier, qui peut aussi sortir par la porte pratiquée au bas du tonneau (figure 1890). L'arbre porte, à sa partie inférieure, une pièce de fonte (fig. 1892) qui broie les matières sur le fond du tonneau. Une vis sur laquelle tourne l'arbre en fer permet de l'élever ou de l'abaisser plus ou moins; le disque en fonte se trouve ainsi plus ou moins éloigné du fond et exerce par ce moyen une action dont l'énergie peut varier à volonté. La partie supérieure du tonneau porte un évasement pour faciliter l'introduction des matières. Les ouvertures pratiquées dans la pièce de fonte qui forme le fond du tonneau de M. Roger sont sujettes à s'engorger. Un fabricant de briques du Bas-Meudon (près Paris), dont le nom m'échappe en ce moment, forme le fond de ses tonneaux broyeurs avec une grille composée de barreaux ordinaires de fourneaux de chaudières à vapeur. C'est une très heureuse idée. On peut à volonté faire varier l'écartement des barreaux, dégager les vides engorgés, etc. Les tonneaux, ainsi disposés, peuvent se prêter, en modifiant convenablement l'écartement des barreaux, à une foule d'applications,



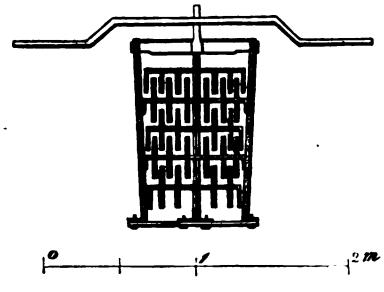
Digitized by Google

depuis le corroyage des terres à poteries fines jusqu'à la préparation des bétons les plus grossiers. M. Mougel, ingénieur français, chargé par le vice-roi d'Égypte de la colossale entreprise du barrage du Nil, fait construire en ce moment à Paris huit machines à vapeur destinées à faire marcher seize broyeurs à argiles et les machines à briques correspondantes, et de plus tous les broyeurs de cette espèce qui prépareront le mortier nécessaire à ce prodigieux travail, plus digne assurément de notre admiration que les célèbres pyramides (1).

L'inventeur de la disposition que nous venons de décrire possède, comme M. Roger, un brevet d'invention ; on ne peut donc, d'ici à quelques années, l'employer sans payer à ces messieurs des droits qu'ils fixent fort haut. C'est assurément une chose fâcheuse pour les entrepreneurs de travaux, mais nous verrons bientôt que l'on peut arriver par d'autres méthodes à des résultats presque aussi satisfaisants.

Dans les tonneaux que l'on construit ordinairement le fond est plein et le mortier ne peut sortir que par une porte placée au bas du tonneau. Cette disposition présente un grave inconvénient le sable et la chaux : s'accumulent dans la partie du tonneau opposée à la porte, et ne trouvant pas d'issue, ils sont fortement comprimés et deviennent quelquefois si compactes que le mouvement de l'arbre et des râteaux qu'il supporte est tout à fait impossible. On doit mettre au moins deux ouvertures garnies de portes à coulisses à la partie inférieure des tonneaux ; ainsi modifiés ils marchent très bien, et la facilité que l'on a d'augmenter ou de diminuer les orifices permet de rendre l'écoulement du mortier plus ou moins rapide, et par suite son mélange plus ou moins parfait.

L'arbre des tonneaux à mortier ordinaires porte des râteaux comme ceux du tonneau de M. Roger. Quelquefois on ajoute d'autres râteaux semblables fixés aux parois intérieures du tonneau, le mortier se trouve ainsi entraîné par les râteaux mobiles et retenu par les



1893.

râteaux fixes qui le déchirent en tous sens. La figure 1893 donne le dessin d'un tonneau à bras de ce genre employé au pont de Lorient.

Examinons maintenant la forme générale des tonneaux à mortier. Quelques constructeurs donnent à leurs appareils la forme d'un tronc de cône dont la grande base est en bas. Cette disposition est rarement bonne. On sait, en effet, que le sable et la chaux occupent un volume d'autant plus faible que leur mélange est plus parfait, si, en même temps, la capacité qui les renferme va en augmentant, on comprend qu'il se formera des vides dans la masse, et les matières à mélanger formant voûte à la partie supérieure du tonneau cesseront de descendre : ce que j'ai souvent observé. Quelquefois, au contraire, la petite base du tronc de cône qui ferme le tonneau est à la partie inférieure. Dans ce cas, les matières descendent bien, mais un autre inconvénient se présente. L'effort nécessaire à la trituration augmente avec la compression du mortier, de sorte que les râteaux, placés au bas de l'arbre, peuvent avoir à exercer, en pure perte, un effort considérable. Le but que doit se proposer le constructeur est d'éviter à la fois les deux inconvénients que nous venons de signaler. La forme cylindrique satisfait dans les *cas ordinaires* à ces conditions. Mais jusqu'à présent on n'a pas cherché à déterminer par des considérations rigoureuses les formes à donner aux tonneaux à mortier. Voici, je crois, comment on pourrait parvenir à trouver une forme telle que les efforts exercés par tous les râteaux soient égaux. La base inférieure devrait être à la base supérieure dans le rapport du volume du mortier à la somme des volumes des matières mélangées, multiplié par le rapport de la résistance opposée à la trituration, par les matières simplement mêlées, à la résistance opposée à la même opération par le mélange intime constituant le mortier. Le premier rapport est très facile à évaluer. Le second présenterait un peu plus de difficulté à déterminer, mais pourrait cependant être obtenu avec une assez grande approximation par les méthodes habituellement employées pour déterminer la résistance des matières molles.

D'après la marche que nous venons d'indiquer on conçoit que l'on sera conduit, suivant la nature des matériaux, à l'adoption de tonneaux, quelquefois évasés et quelquefois rétrécis à la partie supérieure. Mais, nous le répétons, la forme cylindrique est, en général, la plus avantageuse, et nous conseillons de l'adopter toutes les fois que des considérations positives ne porteront pas à lui en faire préférer une autre.

Il nous reste à examiner un élément important de la forme des tonneaux : c'est le rapport de leur diamètre à leur hauteur. Dans ce cas encore, les constructeurs ne paraissent conduits par aucune règle générale. On rencontre sur les chantiers, des tonneaux broyeurs dont la hauteur varie depuis une fois jusqu'à deux fois le diamètre. Toutes choses égales d'ailleurs, le rapport de la hauteur à la base, doit être d'autant plus petit, que les appareils sont plus puissants. Pour des appareils de même puissance la hauteur doit être d'autant plus grande que les substances employées sont plus difficiles à mélanger. Nous pensons du reste, en général, qu'il vaut mieux pécher par excès que par défaut de hauteur. En ouvrant davantage les portes de décharge du mortier on peut toujours remédier au premier défaut. Les inconvénients résultant du second ne peuvent être prévenus qu'en diminuant l'ouverture des portes et par suite en augmentant le travail moteur. Dans les machines à mortier qui donnent les meilleurs résultats, la hauteur est égale à peu près à trois fois le rayon du cylindre.

Voyons maintenant quels sont les résultats économiques de ces dernières machines. Un tonneau un peu plus grand que celui dont nous avons donné le dessin, conduit par un cheval, fournit facilement $25^{m.c.}$ de mortier par jour, soit $5000^{m.c.}$ par année de 200 jours de travail. Nous ne parlerons pas du prix des tonneaux *brevetés*, qui est énorme ; nous établirons nos calculs d'après un exemple que nous avons eu l'occasion d'étudier. Le tonneau coûtait 500 fr. L'intérêt annuel de cette somme est 25 fr. En admettant que le tonneau dure dix ans, sa dépréciation annuelle sera de 30 fr., ses débris conservant une valeur de 200 fr. Son entretien n'excède pas 125 fr. par an ; les frais annuels d'outils seront, pas conséquent, de 180 fr. Cela posé, le sous-détail de la fabrication d'un mètre cube de mor-

(1) D'après une opinion récemment émise, mais qui paraît difficile à justifier, les pyramides ne seraient pas moins admirables que le barrage du Nil ; elles auraient comme lui un caractère de haute utilité, car elles seraient destinées à s'opposer à la marche progressive des sables du désert.

Digitized by Google

tier, non compris l'approche des matières, s'établit de la manière suivante :

$\frac{1}{25}$	journée de cheval à 5 fr.	0,200
$\frac{1}{50}$	— surveillant à 3 fr.	0,060
$\frac{1}{25}$	— manœuvre à 1 fr. 5 c.	0,060
Frais d'outils	$\frac{180}{5000}$	0,036
Prix de la fabrication de 1 mètre cube. . .		0f,356

Nous devons même faire remarquer que l'on pourrait obtenir jusqu'à 30m.c. par jour, avec un tonneau de M. Roger, ou tout autre dont le fond serait percé ; ce qui diminuerait encore d'un cinquième le prix ci-dessus. Les prix de revient que nous venons d'indiquer varieraient évidemment dans chaque localité avec le prix de la main-d'œuvre et celui des matériaux ; mais obtenus tous dans les mêmes hypothèses, ils peuvent servir de termes de comparaison. Il résulte du rapprochement de tous les chiffres que nous venons de citer, que la fabrication à bras d'hommes d'un mètre cube de mortier coûtant 1 fr. 82 c., elle ne coûterait que 0 fr.,679 avec un manége à roues, et seulement 0fr.,356 avec un tonneau à mortier ordinaire, et moins encore avec un tonneau à fond percé.

Les renseignements que nous venons de donner permettent de déterminer facilement le nombre de mètres cubes de mortier, au-delà duquel il y a économie à faire les frais d'établissement d'une machine pour la fabrication.

Répétons encore, en terminant ce paragraphe, que l'on ne saurait apporter trop de soin à empêcher les ouvriers de mettre trop d'eau dans le mortier, ce qu'ils sont toujours portés à faire, surtout quand on fabrique le mortier avec des rabots.

§ 4. EMPLOI ET SOLIDIFICATION DES MORTIERS. Nous avons déjà dit qu'il était presque impossible d'obtenir de bons résultats avec les mortiers de chaux grasses et de sables. Comme ils sont cependant fréquemment employés, nous allons examiner comment s'opère leur solidification, et nous en conclurons les précautions que nécessite leur emploi. Quand on expose de l'eau de chaux au contact de l'air, l'acide carbonique se combine rapidement à la chaux, et le carbonate se précipite en pellicules qui adhèrent fortement aux corps solides environnants. Si la chaux, au lieu d'être dissoute dans l'eau, est, au contraire, exposée à une dessiccation rapide, elle absorbe encore l'acide carbonique, mais les grains de carbonate formé restent séparés sans contracter entre eux la moindre adhérence. Considérons maintenant un mortier composé de sable, de chaux et d'eau, et il nous sera facile de concevoir les phénomènes qu'il présentera suivant les circonstances où il se trouvera. S'il est mouillé par de l'eau, constamment renouvelée, la chaux se dissoudra entièrement, et bientôt il ne restera plus que le sable. Si, au contraire, il est rapidement desséché, la chaux absorbera l'acide carbonique sans contracter d'adhérence, et on n'obtiendra qu'un mélange de sable et de poussière calcaire. Enfin, si le mortier est entretenu dans un état convenable d'humidité, la chaux dissoute dans l'eau qu'il renferme absorbera l'acide carbonique et se disposera en pellicules adhérentes comme un vernis sur les grains de sable. L'eau, en présence d'un excès de chaux, dissoudra une nouvelle quantité de cette substance et de nouvelles pellicules de carbonate viendront envelopper les premières. Cette action se continuera ainsi jusqu'à la solidification entière de la masse. La nécessité de la présence de l'air pour la solidification des mortiers de chaux grasse, est démontrée par une expérience journalière. Toutes les fois que l'on démolit des masses considérables de maçonnerie, quelle que soit leur ancienneté, on trouve toujours au centre la chaux grasse aussi molle qu'au moment de l'emploi. Le général Treussant, en démolissant à Strasbourg, en 1822, un bastion construit en 1666, trouva le mortier aussi frais que si les maçons l'avaient posé depuis quelques jours seulement. John cite un fait analogue observé pendant la démolition d'un pilier de 9m de diamètre de la tour Saint-Pierre à Berlin. Il est inutile de multiplier les exemples par de pareils faits, que chacun peut du reste avoir observés.

La chaux engagée dans les mortiers ne reprend jamais tout l'acide carbonique qui constituerait le carbonate pur. On conçoit, en effet, que le carbonate formé enveloppe en plusieurs points de la chaux vive et la préserve d'une combinaison ultérieure.

Si nous avons bien fait comprendre le mode de solidification des mortiers, on appréciera à leur juste valeur les différents dictons des ouvriers sur le temps le plus favorable aux constructions. Il est également juste de désirer un temps sec ou un temps humide : tout se réduit à une question de quantité. S'il fait sec, les mortiers se dessèchent trop vite, il faut les humecter ; s'il pleut, l'eau peut les dissoudre, il faut alors couvrir les maçonneries et s'opposer à leur lavage. Ces notions sont si simples, qu'il paraîtra inutile de les énoncer à toutes les personnes qui ne savent pas combien il est difficile de faire pénétrer des idées justes et simples parmi les ouvriers, malheureusement si peu éclairés aujourd'hui.

Nous ne parlerons de l'emploi des mortiers hydrauliques qu'en nous occupant de l'immersion des bétons. Les soins apportés dans l'application de ces composés exercent sur leur qualité la plus grande influence.

Nous avons dit en commençant que nous laisserions de côté, dans cet article tout pratique, les discussions théoriques. On nous pardonnera donc de ne pas exposer ici les nombreuses expériences qui ont été faites pour chercher à expliquer les faits singuliers que présente la résistance des différents mortiers et les circonstances de leur solidification. Les opinions des savants les plus distingués sont loin de concorder sur ces questions ; nos doutes n'auront rien d'étonnant.

On détermine la résistance des mortiers, soit en brisant des prismes des mortiers à essayer de dimensions données dans des circonstances déterminées, soit en comparant les enfoncements d'une même aiguille chargée du même poids dans les différents échantillons.

La force normale nécessaire pour séparer deux pierres réunies par du mortier varie de 1k,25 à 2k,64 par centimètre carré. En pratique, on ne doit pas dépasser une charge normale de 1 kilogr. par centimètre carré, ou de 0k,37 pour la résistance au glissement.

§ 5. FABRICATION DU BÉTON. On donne le nom de béton à un mélange de mortier et de petites pierres. C'est une maçonnerie à petits matériaux que l'on fabrique sur les chantiers, et qui se solidifie plus tard en prenant les formes exactes de l'enceinte où on l'a renfermée. L'emploi du béton a rendu à l'art des constructions les services les plus importants ; il a rendu facile et économique la fondation de tous les ouvrages hydrauliques, et a permis d'exécuter des travaux réputés impossibles autrefois.

Les proportions de pierres cassées et de mortier varient avec les circonstances et les résultats que l'on veut obtenir. Quand on a de bonne chaux hydraulique à bas prix, on peut augmenter la dose du mortier. Ainsi, nous avons vu employer pour la fondation d'une écluse, du béton dont le mètre cube renfermait :

Pierres cassées. . .	0m.c.,45	} 1 mètre.
Mortier hydraulique.	0m.c.,90	

D'après les devis du canal du Centre, le mètre cube de béton doit contenir :

Pierres cassées. . .	0m.c.,63	} 1 mètre.
Mortier hydraulique.	0m.c.,64	

Digitized by Google

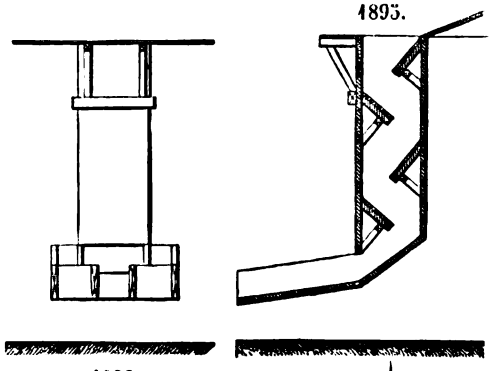
Quelquefois, par économie, on diminue encore plus la dose du mortier ; mais nous regardons comme une limite inférieure, qu'il convient de ne pas dépasser, celle d'un volume de mortier pour 2 volumes de pierrailles.

On peut préparer le béton en mélangeant la pierraille avec le mortier déjà fabriqué au moyen de grilles en fer manœuvrées à force de bras par des ouvriers. Chaque atelier doit être composé environ de cinq manœuvres. Il faut un très bon surveillant pour diriger deux ateliers et le dosage des matières qui leur sont nécessaires, car les ouvriers se contentent toujours d'un mélange imparfait.

Le temps nécessaire au mélange est très variable ; il dépend du dosage et de la nature des pierres et du mortier. On peut cependant admettre en moyenne que l'atelier de cinq hommes produit par jour 12 mèt. cub. de béton. Les frais d'outils sont à peu près les mêmes que pour la fabrication du mortier avec des rabots, soit 0f,02 par mètre cube. Le prix de revient sera alors le suivant, non compris l'approche et le dosage des matières :

5/12 de journée de manœuvre à 1f,50 l'une.	0f,625
1/24 de journée de surveillant à 3 fr. . .	0 ,125
Frais d'outils.	0 ,020
Total. . . .	0f,770

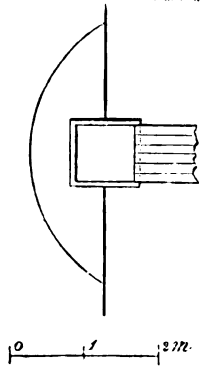
On a essayé de préparer le béton avec des tonneaux plus ou moins analogues à ceux que nous avons décrits pour la fabrication du mortier. Toutes ces tentatives ont été complétement infructueuses. Aussi n'en treprendrons-nous pas de faire connaître les différentes



1895.

1896.

machines de cette espèce proposées à différentes époques. Nous décrirons seulement l'appareil remarquable employé par M. Krantz, ingénieur des ponts-et-chaussées. Il est impossible de trouver une solution plus élégante du problème ; le mélange proprement dit se fait pour ainsi dire sans dépenses. Le couloir à béton de M. Krantz se compose simplement, comme l'indiquent les fig. 1894, 1895 et 1996, d'une caisse rectangulaire, formée de madriers jointifs, renfermant une série de plans inclinés en sens inverse. La pierre cassée et le mortier sont jetés pêle-mêle dans l'ouverture supérieure de la caisse. Ces matières en tombant sont lancées d'un plan incliné sur l'autre, et le béton arrivé parfaitement mélangé à la partie inférieure de l'appareil. Dans les ateliers bien disposés, le mortier tombe de lui-même des tonneaux dans un *glissoir* qui l'amène au couloir.



1894.

Cette machine peut fabriquer 80 à 100m c de béton par jour ou 20,000m c par année de 200 jours de travail. Un ouvrier suffit pour faire tomber les matières. Le prix de l'appareil est au plus de 60 fr., et, en supposant qu'il ne dure qu'une campagne, les frais d'outils ne seraient que de $\frac{60}{20000} = 0^f,003$ par mètre cube. Le surveillant chargé de diriger le dosage ne serait pas à beaucoup près constamment occupé ; mais en supposant même qu'il ne fasse pas autre chose, on voit que le prix de fabrication du mètre cube du béton (non compris l'apport) s'établirait de la manière suivante :

1/100 de journée de manœuvre à 1f,50. . .	0f,015
1/100 de journée de surveillant à 9f. . . .	0 ,030
Frais d'outils.	0 ,003
Total. . . .	0f,048

si on n'avait pas à élever les matières au sommet du couloir. Or, en général, le béton étant employé dans des fouilles, on peut disposer le chantier de manière à placer les dépôts et les ateliers au niveau de la partie supérieure du couloir. Mais en supposant même qu'on fût obligé d'élever les matériaux de toute la hauteur du couloir, on le ferait au moyen d'un léger échafaudage ou d'une rampe. Cette élévation équivaudrait à un transport horizontal à deux relais de distance, soit environ 0f,20 par mètre cube. De sorte que, dans les circonstances les plus défavorables, le prix de fabrication d'un mètre cube de béton, avec les couloirs de M. Krantz, ne serait que de 0f,248, soit 0f,25 en nombres ronds, au lieu de 0f,77, prix de la fabrication à bras.

Quel que soit le mode de fabrication employé, on doit toujours employer de la pierre cassée parfaitement débarrassée de poussière et soigneusement arrosée. L'oubli de ces précautions a souvent produit de fâcheux accidents.

Nous venons de voir, par un exemple particulier, l'avantage que l'on peut retirer de l'inclinaison du terrain d'un chantier de construction. Ce cas n'est pas le seul où il soit possible d'économiser de la force en profitant du propre poids des matériaux. Les constructeurs qui ont été à même d'apprécier les dépenses de *bandage*, nous permettront quelques réflexions à cet égard. Il arrive trop souvent que les matériaux sont déposés pour ainsi dire au hasard sur les chantiers ; de là une foule de fausses manœuvres et de dépenses inutiles : des pierres destinées aux constructions élevées sont transportées par les voituriers le plus bas possible, des bois d'échafaudages sont placés derrière les approvisionnements de pierre qui barrent le passage ; ainsi de suite. Tous ces inconvénients peuvent être évités facilement en déterminant d'*avance* le plan du chantier, c'est-à-dire l'emplacement respectif des différents matériaux, appareils et ateliers, de manière que les différentes substances aient toujours autant que possible à descendre pour se rendre de leur point de dépôt au point où elles doivent être employées. On évite ainsi des frais considérables de bandage, et on peut réaliser d'importantes économies, dont l'ingénieur doit d'autant plus se féliciter qu'elles ne sont dues qu'à lui et qu'elles ne tendent qu'à diminuer la fatigue des ouvriers. Un exemple pris dans le sujet même qui nous occupe suffira pour faire comprendre ma pensée. Je suppose qu'il s'agisse de fonder un pont, une écluse ou tout autre ouvrage, et que le terrain où doivent être établis les chantiers présente une pente vers l'emplacement du travail. Dans ce cas, on placera les dépôts de chaux, de sable et de pouzzolane, au point le plus élevé du chantier. Les tonneaux à mortier seront im-

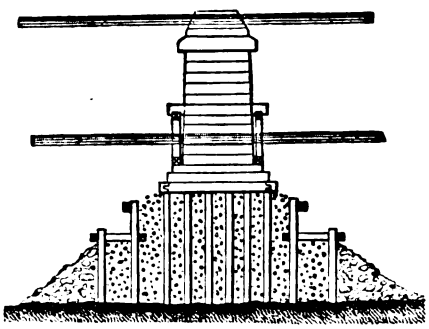
Digitized by Google

médiatement au-dessous, et enfin les couloirs à béton seront placés après les machines à mortier. D'après cette disposition, on conçoit que les matières premières, n'ayant qu'à descendre, obéissent sans cesse à leur propre poids, et les ouvriers n'auront qu'à diriger leurs mouvements. L'homme doit toujours chercher à utiliser les forces naturelles qui sont à sa disposition pour diminuer le travail qui lui est réservé, et augmenter d'autant son bien-être matériel. Trop souvent les constructeurs oublient d'utiliser la pesanteur dans leurs ateliers. Puissent les réflexions précédentes leur rappeler l'importance de cet auxiliaire.

§ 6. EMPLOI ET COULAGE DU BÉTON. Nous n'entreprendrons pas ici de décrire les différents ouvrages dans lesquels on peut employer le béton avec avantage. Il faudrait écrire un cours de construction presque complet, car depuis quelques années tous les grands travaux ont reçu une direction nouvelle par l'application de ce précieux composé. Nous citerons seulement quelques exemples remarquables de son emploi.

Les piles du pont en pierre de Rouen (Seine-Inférieure) devaient être établies dans un point de la Seine où la profondeur d'eau était de 7m,00 pendant la basse mer, et s'élevait à chaque marée jusqu'à 15m,00. Le fond était d'ailleurs très mauvais et sans résistance. Il était *impossible* dans ces circonstances de songer à des batardeaux et à des épuisements. L'emploi des caissons foncés si souvent recommandés était également impraticable ; en un mot, tous les moyens généralement employés étaient impuissants pour surmonter les difficultés que présentait la fondation de ce pont. On fut obligé de recourir à de nouveaux procédés. Voici ceux qui furent employés ; ils ont parfaitement réussi.

On commença par chasser des pieux d'une grande longueur (fig. 1897), entre lesquels on coula du béton. On battit ensuite, au moyen de faux pieux, autour de ces premiers pilotis, une enceinte continue qui fut



1897.

également remplie de béton pour maintenir et défendre le premier massif. Enfin des enrochements complétèrent cette fondation. Les pieux recépés de niveau à 2m,00 seulement au-dessous de l'eau purent recevoir un caisson au moyen duquel on éleva, comme de coutume, les piles du pont.

Les bâtiments de guerre doivent être souvent visités et réparés extérieurement. Ces opérations s'exécutent en les faisant entrer dans des *formes de radoub*, espèces de petits bassins que l'on ferme après l'entrée du vaisseau pour enlever, au moyen de pompes, l'eau qu'ils renferment, et mettre le bâtiment à sec. Le tirant d'eau d'un vaisseau de ligne est de 7m,50, la distance qui doit rester libre entre le dessous de sa quille et le fond du bassin est environ de 1m,20, l'épaisseur du radier de la forme est au moins de 3 mètres. De sorte que la fondation d'une forme de radoub doit s'exécuter, dans les ports de la Méditerranée, environ à 12 mètres au-dessous du niveau de l'eau. La construction d'un ouvrage de cette nature présentait autrefois des difficultés presque insurmontables. L'emploi du béton a rendu leur exécution assez facile. Sans entrer dans aucun détail de construction, nous dirons seulement que l'on coule une vaste cuvette en béton, dont l'épuisement présente rarement de grandes difficultés, et dans laquelle on construit, comme on le ferait sur la terre ferme, les bajoyers et le radier de la forme de radoub. M. Bernard a le premier suivi cette marche au port de Toulon. M. Noël vient de terminer, dans le même port, une forme de la plus grande dimension. Ce beau travail, dirigé il est vrai avec une rare habileté, n'a présenté aucun accident. Nous citerons encore la forme d'Alexandrie, exécutée avec succès par M. Mougel, dans les circonstances les plus difficiles. Le premier bassin de radoub exécuté à Toulon coûta 2,050,000 fr. à une époque où l'argent avait une valeur double de celle qu'il possède actuellement. La forme de M. Bernard n'a coûté que 1,800,000 fr. Celle de M. Noël, quoique beaucoup plus grande, puisqu'elle doit recevoir les bâtiments à vapeur de 600 chevaux, coûtera moins encore. Ce simple rapprochement suffit pour montrer l'importance de la méthode qui nous occupe. Nous ne multiplierons pas davantage ces exemples de grands travaux, nous devons ajouter que l'emploi du béton peut apporter de grandes économies dans l'établissement des plus modestes constructions. On le comprend bien aujourd'hui pour les travaux publics, et les plus petits aqueducs de nos routes sont maintenant fondés sur des couches de béton, qui forment après un certain temps de véritables pierres d'un seul morceau, sur lesquelles les ouvrages sont assis comme sur le rocher naturel. Malheureusement les particuliers ne sont pas assez familiarisés avec ce genre de construction. Les plus petites écluses du moulin, les simples déversoirs s'exécuteraient avec simplicité et économie par l'emploi de fondations en béton. Nous ne saurions trop encourager à l'employer avec confiance dans toutes les constructions hydrauliques et dans les fondations exposées à l'humidité.

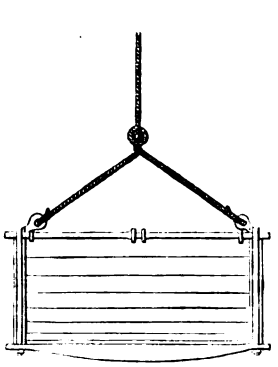
Le coulage du béton sous l'eau est une opération délicate qui exerce la plus grande influence sur la réussite des travaux. Le béton composé de la manière la plus convenable ne produirait absolument aucun résultat utile s'il était mal coulé. Nous décrirons avec soin les précautions à employer dans ce travail.

Il y a deux méthodes principales pour le coulage du béton : le coulage à la trémie et le coulage par caisses, ou bacs. Les trémies sont des espèces de grands tuyaux en bois ou en métal, terminés à leur partie supérieure par des entonnoirs, et supportés par des bateaux ou des échafaudages ; on y verse le béton qui va se répandre sur le fond. On promène la trémie sur tous les points où l'on veut établir l'aire en béton. Il arrive généralement que le béton s'accumule au bas des trémies, et qu'il sort ensuite violemment quand il éprouve une pression considérable par l'addition de nouveau béton. Il se trouve ainsi animé d'une grande vitesse au moment de sa sortie de la trémie. L'eau le délaie, les pierres tombent les premières et le mortier est en grande partie entraîné. Cette méthode est donc tout à fait défectueuse, et nous croyons qu'elle ne doit être employée qu'avec les plus grandes précautions et seulement quand on y est forcé par des circonstances locales particulières.

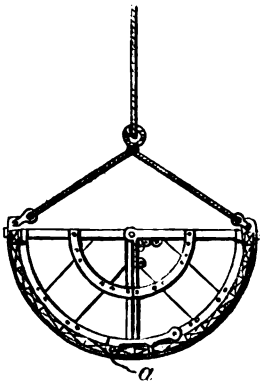
Le coulage au moyen de caisses réussit beaucoup mieux que celui à la trémie, c'est le procédé généralement suivi aujourd'hui. Les formes des caisses employées sont assez variables. Dans les ports de mer où l'outillage est considérable parce qu'il appartient à l'administration et qu'il peut servir fort longtemps, on em-

Digitized by Google

ploie généralement des caisses en tôle ou en bois garnies de ferrures et qui ont la forme de demi-cylindres (fig. 1898 et 1899), chaque caisse est composée de deux parties qui peuvent tourner autour de l'axe horizontal

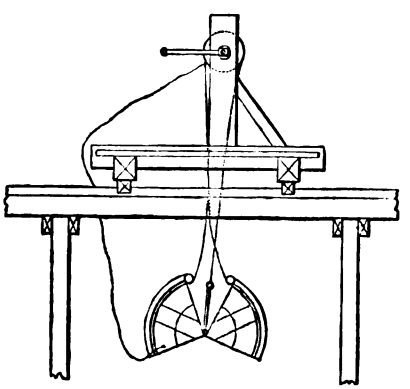


1898.



1899.

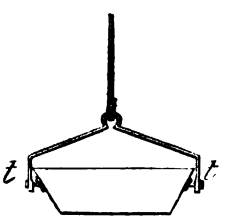
du cylindre, de manière à s'ouvrir quand on veut déposer le béton renfermé dans la caisse. Cet appareil est suspendu, au moyen d'une corde fixée à l'axe dont nous avons déja parlé, à un treuil (fig. 1900) établi sur un appontement fixé sur deux bateaux ou bien sur un échafaudage fixe. Quand la caisse est remplie de béton on la descend au fond de l'eau, au moyen d'une cordelle on ouvre le crochet *a* (fig. 1899) qui réunit les deux parties de la caisse, puis en continuant à tourner le treuil on fait agir une corde attachée aux angles du coffre et qui le force à s'ouvrir, comme l'indique la fig. 1900. Le béton se trouve ainsi déposé sans secousse et aussi peu délayé que possible. On remonte la caisse, on referme le crochet *a*, on la remplit de nouveau et on recommence l'opération que nous venons de décrire. Quand le treuil est porté par des bateaux on les fait avancer successivement pour les amener sur les différents points de la surface qui doit être recouverte de béton; quand, au contraire, il est sur un échafaudage fixe, on le garnit de roulettes qui permettent de le faire mouvoir sur des longrines disposées à cet effet. Cette dernière disposition varie avec les circonstances, chacun peut imaginer le système le plus approprié à son outillage.



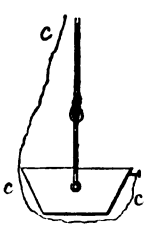
1900.

Les caisses dont nous venons de parler coûtent assez cher et leur exécution exige des ouvriers exercés. Quand on est chargé de travaux qui ne doivent durer qu'une ou deux campagnes et que l'on se trouve forcé d'organiser en peu de temps un chantier considérable, il convient d'adopter les caisses que nous allons décrire, elles coûtent très peu cher, les plus mauvais ouvriers les exécutent facilement, elles ne sont sujettes à aucun accident, et les résultats qu'elles fournissent sont au moins aussi satisfaisants que ceux des caisses cylindriques. L'appareil en question est une simple boîte en bois de la forme d'un tronc de prisme rectangulaire (fig. 1901 et 1902), supportée sur deux tourillons en fer *t* placés un peu *au dessus* du centre de gravité de la caisse remplie de béton. La corde qui supporte toute la machine s'enroule, comme dans le cas précédent, sur un treuil convenablement disposé, quand la caisse est arrivée près du fond on la fait basculer, en tirant sur la cordelle *c* disposée, comme l'indique la fig. 1902, et la masse de béton se trouve déposée sur le lieu qu'elle doit occuper. Le fond de la boîte doit être percé de trous; sans cette précaution il arrive quelquefois que le béton soutenu par la sous-pression de l'eau ne se sépare pas immédiatement de la caisse. Il remonte alors à une certaine hauteur avant de tomber et se trouve délayé par l'eau. Cette observation mérite une sérieuse attention.

Quel que soit l'appareil employé pour couler le béton on doit toujours suivre la marche que nous allons indiquer : 1° quand on coule du béton dans une fouille il faut maintenir l'eau *aussi haut que possible*, pour empêcher les sources de sourder et de créver la couche de béton frais; 2° on doit toujours couler le béton par bandes d'une épaisseur considérable, et non pas par couches minces répandues à la fois sur toute l'étendue du travail; 3° on ne saurait enlever avec trop de soin la *laitance*, c'est-à-dire la chaux pulvérulente qui se sépare du béton. Quand il en reste une certaine quantité entre deux coulées successives on peut être assuré qu'il n'y aura jamais adhérence entre ces deux parties de la masse. On doit donc, à chaque reprise du travail, balayer la surface de la dernière couche déposée et enlever la laitance au moyen d'écopes, ou mieux de poches en toiles montées sur un cadre en fer et jamais au moyen de pompes, comme l'indiquent quelques auteurs, parce que ces appareils produisent des courants qui délaient le béton voisin de leur extrémité. Cette manœuvre doit être renouvelée pendant le travail. La laitance s'accumule toujours au pied du talus du béton, c'est là où il est facile de la saisir pour l'enlever.



1901.



1902.

Nous avons encore à signaler une autre application remarquable du béton : c'est la fabrication de pierres factices de volumes et de formes déterminées. Ainsi on fabrique pour le môle de Cherbourg, pour celui d'Alger, et pour les travaux du fort Bayard, des blocs de béton qui ont jusqu'à 8 ou 9 mètres cubes. On commence à fabriquer aussi des pierres factices pour la construc-

Digitized by Google

tion des égouts. Les unes forment le radier et les pieds-droits, les autres la voûte. Les constructions s'exécutent ainsi avec une grande rapidité et à très bas prix.

La fabrication des pierres artificielles ne présente aucune difficulté. On forme avec des planches des caisses dont les parois sont mobiles; on coule dedans le béton, et quand il est solidifié, on retire les bois qui constituaient cette espèce de moule.

Nous terminerons cet article en citant un passage du beau rapport fait à la Chambre des Députés par M. Arago sur les travaux de M. Vicat. Ces quelques lignes montreront l'importance du sujet que nous venons de traiter et nous feront pardonner la longueur des détails dans lesquels nous sommes entrés sur les mortiers et bétons hydrauliques.

« Le prix de la chaux, dit M. Arago, entre presque toujours pour une part considérable dans le prix des maçonneries. Les chaux ont des propriétés très diverses qui décident de la durée des constructions et du mode de leur exécution. Dans les contrées où la chaux est abondante et de bonne qualité, les édifices durent des siècles sans avoir cependant exigé des dépenses ruineuses. On peut y construire, même pour les habitants les plus pauvres, des demeures salubres, peu exposées aux incendies; d'une solidité à l'épreuve des ouragans, des pluies diluviales et des débordements. C'est par de telles applications que les travaux des ingénieurs, des chimistes, méritent surtout de fixer l'attention des pouvoirs publics et des législateurs. Arrêtons un moment nos regards sur cette phase de la question; cherchons à évaluer en nombre les services que, sous ce rapport, M. Vicat a rendus à son pays. . . . . .

« Autrefois une écluse ne pouvait être solidement fondée que sur des grillages en charpente avec épuisements. On la bâtissait en totalité avec de la pierre de taille; encore, après toutes ces précautions, était-elle sujette à de fréquentes dégradations par la détérioration des mortiers de l'intérieur des maçonneries. A raison de ce mode de construction, à raison surtout des épuisements, certaines écluses coûtèrent jusqu'à 300,000 fr. En moyenne, la dépense n'était pas au-dessous de 100,000 fr. Aujourd'hui, grâce à la suppression des épuisements, des batardeaux, etc., grâce à l'emploi de petits matériaux que permet la chaux hydraulique, ce prix varie entre 38,000 et 50,000 francs. L'économie minimum par écluse est donc de 50,000 f., et sur les 1348 écluses (construites en France depuis 1821), de 67 millions. »

M. Arago entre ici dans des détails analogues pour la construction des barrages, des ponts en pierre et des ponts suspendus, et il termine ainsi :

« Récapitulation.—Economies faites sur la construction :

Des écluses.	67,350,000 fr.
Des barrages adjacents. . . .	13,600,000
Des barrages isolés, épis, etc. .	20,000,000
Des grands ponts.	26,182,000
Des ponts moyens.	7,050,000
Des ponts d'une seule arche. . .	25,000,000
Des ponts suspendus.	22,890,000
Total. . . .	182,072,000

« Les économies qu'on n'a pu apprécier faute de documents suffisants, portent :

1° Sur les ponts en bois ou en fer soutenus sur piles en maçonnerie;

2° Sur les ponts d'une seule arche de 6 à 10 mètres d'ouverture;

3° Sur les quais, digues et bassins, etc., à la mer;

4° Sur les fondations des édifices particuliers et publics des villes;

5° Sur les travaux militaires. . . . . .

« Une conclusion ressort avec évidence de tout ce qui précède : c'est qu'en supposant l'art des constructions tel qu'il était avant 1818, tel qu'il était avant les recherches de M. Vicat, la plupart des grandes entreprises en cours d'exécution seraient entièrement paralysées par des considérations de temps et de dépense.

« Qu'on juge par les économies passées des économies futures. Celles-ci devant toujours être proportionnelles aux masses croissantes des travaux d'art, l'on arrivera à des chiffres qui frapperont d'étonnement les esprits les plus froids. » H. MANGON.

MOSCOUADE. Voyez SUCRE.

MOTEURS. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

MOTTES. Voyez TANNAGE.

MOUFLE (*arts chimiques*). Voyez ESSAIS.

MOUFLE (*mécanique*). Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et POULIES.

MOULIN A BLÉ. Le grain du froment et des céréales, en général, renferme une réunion de principes immédiats, qui le rendent précieux pour la nourriture d'un grand nombre d'animaux; riche à la fois en fécule et en matières azotées, il forme presque partout le principal et quelquefois le seul aliment de l'homme. On ignore entièrement l'origine de l'emploi du blé; les Grecs l'attribuaient à Cérès : c'est assez dire que cette découverte se perd dans la nuit des temps. La réduction du blé en farine s'est faite d'abord, probablement, au moyen de pilons et de mortiers, ou bien en l'écrasant entre deux pierres; le perfectionnement de ce dernier procédé a dû conduire à l'invention des moulins à bras, qui remontent à la plus haute antiquité. Il en est en effet souvent question dans la Bible : Samson tourna la meule chez les Philistins, etc. Homère en parle également dans l'Odyssée. Les Romains ne commencèrent à se servir de moulins qu'après leurs conquêtes en Asie. Ils employèrent à ce travail les esclaves et les condamnés; plus tard, ils y appliquèrent aussi quelques animaux. L'époque et le lieu de l'invention des moulins mus par l'eau ne sont pas bien déterminés : Vitruve donne la description de l'un de ces appareils; mais Pline, qui écrivait soixante ans plus tard, n'en parle que comme d'une machine dont l'emploi n'est pas commun. Les moulins à eau ne furent établis à Rome, d'une manière régulière, sur les ruisseaux, que sous le règne d'Arcadius et d'Honorius. Bélisaire, qui commandait à Rome, pour Justinien, quand la ville fut assiégée par Vitigès, roi des Goths, fit construire sur le Tibre les premiers moulins *à nef* connus. De l'Italie, les moulins ont passé en France, et ont éprouvé dans tous les pays une série de modifications qui les ont amenés à l'état de perfection que nous leur voyons aujourd'hui. L'emploi des moulins à bras est tout à fait abandonné, excepté pour la mouture du sarrazin dans les fermes de quelques-uns de nos départements.

Les machines à vapeur, les roues hydrauliques et la force du vent sont les moteurs généralement employés à la mouture des grains. Nous n'avons à nous occuper ici que du mécanisme des moulins indépendamment de la nature de la force motrice.

Les grains de blé sont formés d'une enveloppe corticale qui renferme les principes utiles. L'art du meunier consiste à réduire en farines de différentes qualités la matière qui occupe le centre du grain, et à séparer l'enveloppe qui constitue le *son*. On peut arriver à ces résultats par trois méthodes de *mouture*, dont nous devons d'abord indiquer les principes.

1° *Mouture économique*. Ce procédé, regardé longtemps comme le meilleur, était généralement suivi en France; il est encore employé dans quelques unes de nos provinces et dans toutes nos petites usines des campagnes. L'importance toujours croissante des établissements montés d'après les nouvelles méthodes tend à diminuer le nombre de ses applications. Les meules employées, en général, pour le genre de mouture qui nous occupe, ont deux mètres de diamètre et font 55

Digitized by Google

à 60 tours par minute. Le blé, introduit au moyen d'une trémie, constamment agitée, dans l'ouverture de la meule supérieure, s'engage entre les deux meules, qui doivent être assez espacées, dans cette première partie de l'opération, pour ne faire que concasser et broyer grossièrement le grain. La mouture en sortant des meules est conduite dans le bluteau. Cet appareil sépare la première farine, dite farine de blé, qui traverse le tissu, les gruaux plus gros et lourds qui passent plus loin, et élimine enfin le son léger et volumineux. Ces premiers gruaux, soumis de nouveau à l'action des meules, alors plus rapprochées, fournissent une farine de premier gruau et des seconds gruaux qui fournissent à leur tour une farine de deuxième gruau et des troisièmes gruaux. Ceux-ci donnent enfin des farines bises de troisième gruau et un quatrième gruau qui fournit un produit de qualité encore plus inférieure, et des issues, appelées remoulages ou recoupes, qui contiennent les parties dures et grisâtres avoisinant l'enveloppe des grains.

La mouture, dite économique, ou française, ainsi partagée en cinq opérations, fournit en moyenne les résultats suivants pour 100 kilogr. de blé :

Farines blanches.	1re opération : farine dite de blé.	38k,33	6k,60
	2me opération : farine dite de 1er gruau.	19k,16	
	3me opération : farine dite de 2me gruau.	8k,51	
Farines bises.	4me opération : farine dite de 3me gruau.	5k,00	8k,33
	5me opération : farine dite de 4me gruau. . . .	3k,33	
Issues.	Son gros et petit.	10k,82	23k,32
	Recoupes.	6k,80	
	Recoupettes.	5k,70	
	Déchet, évaporation, perte. . . .		2k,35
	Total. . . .		100k,00

Dans les années où le grain manquait, on a quelquefois remoulu jusqu'à sept fois ; les remoulages étaient eux-mêmes pulvérisés et entraient dans le pain.

Les blés durs, demi-durs ou tendres se traitent également bien par cette méthode.

Dans la plupart des villes du Midi, la méthode économique se trouve singulièrement simplifiée, parce que les gruaux trouvent une application directe dans le pays, ce qui évite de les remoudre pour les transformer en farine. La mouture brute en sortant des meules est abandonnée à elle-même pendant cinq ou six semaines. On la remue tous les huit ou dix jours pour l'empêcher de fermenter. L'habitude apprend à reconnaître le moment le plus favorable pour le blutage. On fait alors passer la farine par des blutoirs de trois grosseurs différentes. La farine qui passe par la partie la plus fine s'appelle *minot;* la seconde se nomme farine simple, elle est généralement employée par les boulangers. La troisième enfin est le *grésillon.*

2° *Mouture américaine,* dite *anglaise.* Cette méthode est très simple : elle consiste à écraser tout le blé d'un seul coup et à séparer ensuite, au moyen de bluteries convenables, les sons et les différentes qualités de farine. Les meules employées pour ce genre de fabrication n'ont que 1m,30 de diamètre, mais elles font 120 tours par minute et doivent être fort rapprochées pour produire le moins possible de gruaux. La mouture, en sortant des meules, est conduite ordinairement dans un réfrigérant convenablement disposé pour éviter les altérations qui pourraient résulter d'un échauffement considérable.

Les blés demi-durs et tendres sont les plus faciles à traiter par ce procédé, qui donne, en moyenne, pour 100 kilogr. de blé, à peu près les produits suivants :

Farine à pain blanc	60
— — demi-blanc. . .	14
Sons gros et menus.	24
Déchet.	2
Total. . .	100

3° *Mouture à gruaux.* Le but de ce procédé est d'obtenir les belles farines destinées à la préparation des pains de luxe fabriqués dans les grandes villes. Les froments demi-durs et durs, à grains réguliers et volumineux, sont les seuls qui puissent supporter avec avantage ce mode de traitement.

La mouture à gruaux consiste à écraser et concasser le grain de manière à enlever l'enveloppe corticale extérieure et celle qui est repliée dans l'intérieur du grain, et à moudre ensuite les gruaux soigneusement purifiés. Voici comment on opère, après avoir préalablement soumis le blé à un nettoyage énergique :

Les meules sont convenablement écartées pour écorcer le blé et bien détacher les gruaux en produisant le moins possible de folle farine. La mouture passe, en quittant les meules, dans un blutoir en étamine qui sépare la farine dite *petit blanc* ou à *vermicelle.* Le mélange de son et de gruaux est alors versé dans une bluterie, formée d'étoffes à mailles de plus en plus larges, qui partage les gruaux en trois qualités : les moins gros portent le nom de *fins finots,* et fournissent la première qualité de farine; les moyens et les gros sont traités séparément et débarrassés du son et de la folle farine qui peut encore y adhérer, au moyen d'appareils mécaniques plus ou moins compliqués, et enfin de sas à main, espèces de cribles légers sur lesquels nous reviendrons plus tard.

Les gruaux purifiés, que l'on nomme semoule, sont soumis à la mouture. On obtient de la farine et de nouveaux gruaux qui, remoulus, donnent une farine que l'on réunit à la précédente pour former le n° 1 et de nouveaux gruaux. La farine obtenue des troisièmes et quatrièmes gruaux forme le n° 2 ; celle qui provient de la cinquième mouture, est dite blanche. La sixième mouture fournit de la farine que l'on mêle avec la farine d'écorçage. La septième mouture fournit enfin la farine dite *bise.*

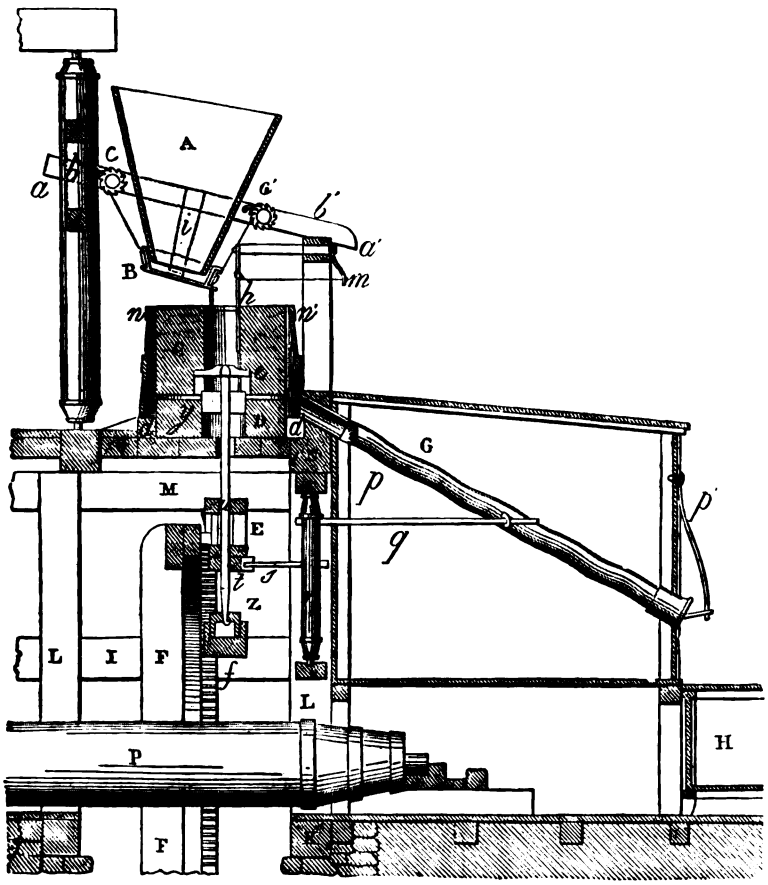
Voici l'indication des résultats ordinairement obtenus, par ce mode de fabrication, du traitement de 100 parties en poids de blé de bonne qualité :

Criblure ou petit blé.	0,800
Farine dite à vermicelle. . .	20,352
— — des gruaux n° 1. .	20,352
— — — n° 2. .	6,360
— dite blanche.	11,448
— — bise.	19,040
Son.	6,000
Recoupe.	6,400
Remoulage.	7,599
Perte.	1,649
Total. . .	100,000

Disposition générale d'un moulin. Nous venons d'indiquer rapidement les principes des méthodes de mouture les plus fréquemment employées ; examinons maintenant l'ensemble de la disposition des différentes pièces mécaniques qui composent un moulin. Rien de plus simple que la distribution des anciens moulins à mouture économique et de nos petits moulins ruraux. La fig. 1903 peut en donner une idée. L'arbre moteur P porte une roue dentée en bois F, qui engrène avec les fuseaux de la lanterne E, montée sur l'axe u, nommé le gros fer. Cet axe repose dans une crapaudine Z solidement établie et supporte la meule courante C, qu'il

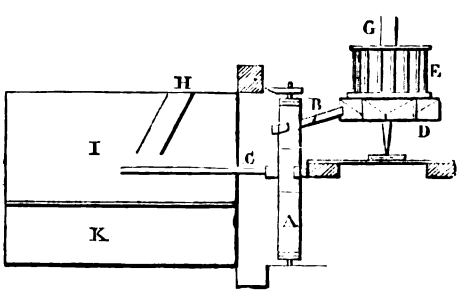
Digitized by Google

entraîne dans son mouvement de rotation. Le grain est versé dans la trémie A, au-dessous de laquelle est disposée une caisse rectangulaire B, légèrement inclinée et ouverte du côté inférieur. Cette caisse est supportée



1903.

par des cordes enroulées sur de petits treuils c, c' : en la rapprochant ou en l'éloignant de la base de la trémie, on ralentit ou on accélère l'écoulement du blé ; elle reçoit d'ailleurs d'un petit appendice fixé à la meule un mouvement régulier d'oscillation, qui fait descendre le blé que l'inclinaison seule de cette caisse ne suffirait pas pour faire tomber. Le grain, introduit dans l'ouverture de la meule supérieure, s'engage entre elle et la meule inférieure ou *dormante* D, et se trouve écrasé par son passage entre les surfaces de ces deux pierres. La mouture descend ensuite dans le bluteau p, renfermé dans la huche G. Les ailettes, fixées au-dessous de la lanterne E, choquent régulièrement la tige s, fixée perpendiculairement à l'arbre L, monté sur deux pivots. Ce mouvement de secousse est transmis au bluteau par la seconde tige q, également engagée dans la pièce L. Ce mécanisme, représenté à une plus grande échelle (figure 1904), se nomme le *babillard ;* c'est lui qui produit en grande partie le bruit particulier si bien représenté par le mot *tic-tac* du moulin. Quand on visite l'appareil que nous venons de décrire, on est frappé des soins et du travail continuels qu'il exige, du désordre qu'il paraît présenter, de la perte de la farine qui se répand partout et du bruit assourdissant qu'il produit. Cette machine est une image de l'enfance de l'art. Entrons, au contraire, dans un grand moulin garni des nouveaux appareils. Un silence presque absolu étonne d'abord, puis on est frappé de l'ordre et de la propreté qui règnent partout. Un ou deux surveillants dirigent toute la machine et n'ont, pour ainsi dire, qu'un coup d'œil à donner pour faire agir les différents organes de l'appareil. Un cadran placé dans la salle des meules leur indique à chaque instant si le moteur accélère ou ralentit sa marche ; un léger effort exercé sur un levier mis à leur portée permet de ramener aussitôt la force motrice à une intensité convenable, ce que la machine effectue quelquefois d'elle-même. Une autre manivelle donne le moyen de faire varier l'écartement des meules et de les amener toujours à la position convenable. La machine prend elle-même les sacs de blé sur les chariots qui les amènent, les transporte au magasin ou à la trémie, qui distribue le blé aux différents appareils. Le grain, dès lors, appartient au mécanisme qui se charge de lui faire parcourir successivement tous les étages du moulin et ne l'abandonne qu'après l'avoir transformé en farine.



1904.

Parcourons rapidement le série des opérations que le mécanisme effectue ainsi en ne laissant à l'homme que le soin de sa direction et de son entretien.

Digitized by Google

Le blé amené, comme nous venons de le dire, dans la grande trémie de l'usine, est conduit, au moyen de chaînes à godets ou de vis sans fin, dans les différents appareils de nettoyage. Il traverse ainsi l'*émotteur* qui sépare la paille et les mottes, puis le *nettoyeur* qui chasse les blés noirs et la poussière; il arrive ensuite au *crible*, qui le débarrasse des graines et des petits blés qui doivent être traités séparément. Dans quelques établissements, le blé, en sortant du cribleur dégagé de la poussière et des matières étrangères qu'il renfermait, est légèrement humecté avant d'être conduit aux meules. Le but de cette opération est de rendre plus souples et moins friables les membranes corticales grises qui enveloppent le grain, et, par suite, plus facile leur séparation par les bluteries. Dans d'autres établissements, le grain est conduit aux *cylindres comprimeurs*, espèces de laminoirs qui le concassent grossièrement avant de le livrer aux meules, et diminuent d'autant le travail de ces dernières.

Les deux opérations dont nous venons de parler sont souvent supprimées. Dans tous les cas, le blé, transformé en mouture par l'action des meules auxquelles il est livré, et convenablement refroidi au moyen de différents systèmes de *réfrigérants*, est repris par les chaînes à godets ou autres appareils analogues, et transporté aux appareils de la *bluterie*, qui séparent les farines de différentes qualités, et partagent enfin les issues en sons et remoulages de grosseurs variées.

Nous avons indiqué d'abord les principes des différents systèmes de mouture; nous venons de faire connaître sommairement le nom et les fonctions des appareils qui entrent dans la composition des moulins. Nous allons maintenant examiner un à un avec détails les différents organes du mécanisme, en expliquant successivement les modifications dont chacun d'eux est susceptible. Nous suivrons, dans cette description, l'ordre dans lequel le grain lui-même les parcourt en général.

Appareils de nettoyage. La disposition des appareils de nettoyage est excessivement variée. Chaque meunier arrange en quelque sorte ses machines suivant les localités, la force qu'il possède et la nature des grains qu'il traite ordinairement. Nous ne décrirons ici que les appareils généralement employés dans les moulins nouvellement construits, et dont la supériorité sur les anciens tarares de différentes constructions est aujourd'hui bien constatée.

Émotteur. Nous avons dit que le blé, en sortant de la grande trémie du moulin, était conduit à l'*émotteur*. Cet appareil était toujours formé autrefois d'un châssis rectangulaire de $2^m,00$ de longueur environ, dont le fond était garni d'une tôle mince percée de trous assez gros pour laisser passer le bon blé et les graines de même grosseur ou plus petites. Les mottes et les pailles d'un certain volume ne pouvaient traverser cette tôle, et tombaient à côté du châssis. Il était nécessaire de donner à l'appareil une légère inclinaison, et de lui communiquer à la fois un mouvement alternatif et de trépidation pour faire circuler le grain. On construit maintenant les émotteurs d'une manière beaucoup plus avantageuse. On monte sur un arbre en fer un cylindre en tôle découpée de $1^m,30$ de longueur et de $0^m,37$ de diamètre. Ce cylindre est enveloppé d'une chemise en tôle pleine de $1^m,14$ de longueur, de $0^m,40$ de diamètre à l'une de ses extrémités et de $0^m,45$ à l'autre, afin que, l'axe du cylindre étant horizontal, la surface de la chemise présente une inclinaison convenable pour conduire à l'extrémité le blé qui a traversé la tôle du cylindre. Les mottes et les grosses pailles, qui n'ont pu passer à travers les trous de la tôle, sont conduits au dehors. L'arbre en fer, sur lequel est monté le cylindre dont nous venons de parler, porte une poulie ou une roue dentée, qui imprime à la machine une vitesse de rotation de trente tours par minute environ.

Nettoyeur. Le grain, en sortant de l'émotteur, tombe dans la trémie K (voir fig. 1905 et 1906), et se trouve soumis à l'action d'un courant d'air produit par le *ventilateur* H, qui projette au dehors les pailles, les blés noirs et autres corps légers qui ont traversé l'émotteur. Le blé, nécessairement plus lourd, n'est pas entraîné par le vent, et s'introduit, par l'ouverture L, dans l'espace annulaire ménagé entre un cylindre fixe et un autre cylindre animé d'un mouvement rapide de rotation. Ces deux cylindres sont en tôle dite crevée, dont les aspérités sont extérieures. Le blé, violemment projeté par le mouvement de la machine, tantôt sur une des surfaces de tôle, tantôt sur l'autre, se trouve froissé et nettoyé en tous sens. Il arrive alors sur le plateau inférieur G, également en tôle percée de trous, sur lequel il est encore fortement frotté par une brosse à poils durs, et tombe enfin dans la trémie N, où il se trouve soumis à l'action du ventilateur I. Ce second courant d'air entraîne la poussière qui a été détachée par l'action des cylindres et des brosses dont nous venons de parler. Les petites mottes de terre qui ont traversé l'émotteur, et les blés noirs qui ont échappé à l'action du premier ventilateur, sont réduits en poussière par leur passage entre les deux cylindres de tôle, et sont alors facilement entraînés par le second courant d'air.

Nous venons d'expliquer la marche du nettoyeur à cylindres verticaux; étudions maintenant attentivement la construction de cet ingénieux appareil. Tout le mécanisme est supporté par quatre montants verticaux B en bois, assemblés à leur partie inférieure dans les patins A, et réunis à leur partie supérieure par un croisillon en fonte C à quatre branches (vu en plan, fig. 1907), évidé en son milieu, de manière à former une boîte carrée qui reçoit les coussinets de l'arbre vertical DD. La partie la plus importante de l'appareil est le tambour ou cylindre vertical mobile; son exécution demande beaucoup de soin et de précision. Il est formé d'un grand nombre de douves jointives, boulonnées sur deux cercles en fonte E,É (fig. 1905 et 1908), à quatre bras tournés et ajustés sur l'arbre D, auquel ils sont fixés par des clefs. Les têtes des boulons qui retiennent les douves sont noyées dans les bois, afin que l'on puisse remettre le cylindre sur le tour pour le rendre parfaitement rond. Les extrémités de ce cylindre sont fermées par des disques en planches réunies à languettes, et sur lesquels les douves sont aussi fixées. On cloue sur la surface du cylindre ainsi ajusté les feuilles de tôle criblées de trous percés au poinçon, afin de laisser de fortes aspérités du côté opposé au perçage. Dans les ateliers de construction bien outillés, on a une machine qui perce ces trous avec une grande régularité et une rapidité remarquable. Le poinçon employé pour cette opération est conique; sa section est indifféremment circulaire, carrée ou triangulaire. Les trous doivent d'ailleurs être assez rapprochés pour que, les aspérités étant placées en dehors, le cylindre forme une râpe très vive. Des brosses à poil dur sont fixées, comme nous l'avons déjà dit, à la partie inférieure du tambour que nous venons de décrire.

L'arbre DD, qui porte le cylindre mobile, repose inférieurement sur une crapaudine en acier fondu, fixée sur un support en fonte qui permet de la centrer et de l'élever convenablement, et se trouve maintenue à sa partie supérieure par les coussinets engagés dans le croisillon c. Les ventilateurs H et I sont montés sur le même arbre, ainsi que le pignon d'angle r, denté en fonte, qui reçoit le mouvement d'une roue plus grande R, dentée en bois, et ajustée sur un arbre de couche porté par le bâti du nettoyeur, et muni de deux poulies, l'une folle et l'autre fixe, mises en mouvement par une courroie sans fin. Les ventilateurs sont formés de quatre ailes en bois blanc léger, fixées sur des man-

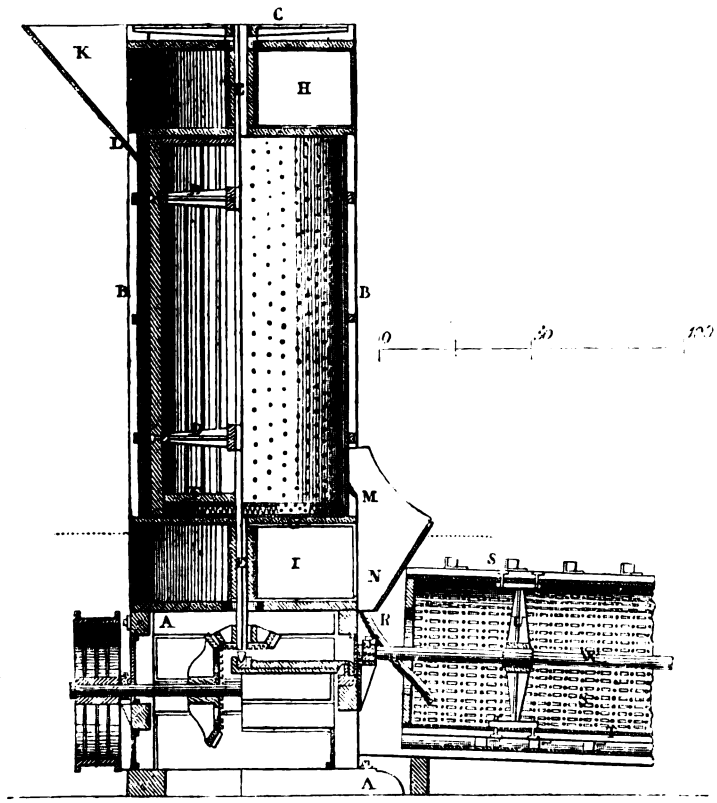
Digitized by Google

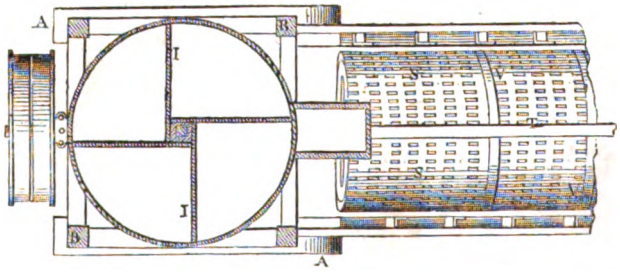
chons carrés faits en deux pièces et retenus sur l'arbre au moyen de goupilles.

Le cylindre mobile est enveloppé par un second cylindre également en bois, garni de tôle percée, dont les aspérités sont en dedans. La distance qui sépare les deux cylindres est de 0m,025 environ. La partie supérieure de cette enveloppe est recouverte par une planche qui forme le fond du ventilateur H, qui est d'ailleurs entouré d'un cylindre en tôle pleine ouvert seulement vis-à-vis de la trémie K. La base du cylindre enveloppe est également séparée, par une planche recouverte de tôle crevée, du ventilateur inférieur I.

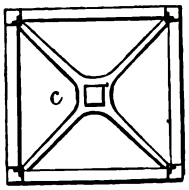
Les dimensions et la vitesse du cylindre vertical ont la plus grande influence sur les effets de cet appareil. Quand on donne au cylindre 2 mètres de hauteur et une vitesse de 490 tours par minute, son action est tellement énergique, que le blé est entièrement dépouillé de sa pellicule et qu'il devient *perlé*. Ce nettoyage serait évidemment trop complet, puisqu'il ferait perdre tout le son dont on retire un certain bénéfice, et qui ne vaudrait plus rien ainsi mélangé de poussière. Si l'on diminue en même temps les dimensions et la vitesse du cylindre, on tombe dans l'inconvénient contraire, c'est-à-dire que le blé, n'étant pas assez longtemps en contact avec les tôles, n'est pas complétement nettoyé. L'usure des tôles est d'autant plus rapide, toute chose égale d'ailleurs, que la vitesse est plus grande; on doit chercher à leur assurer une existence assez longue pour que les chômages ne soient pas trop multipliés.

1905.

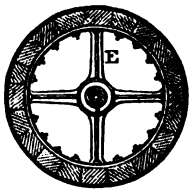




1906.



1907.



1908.

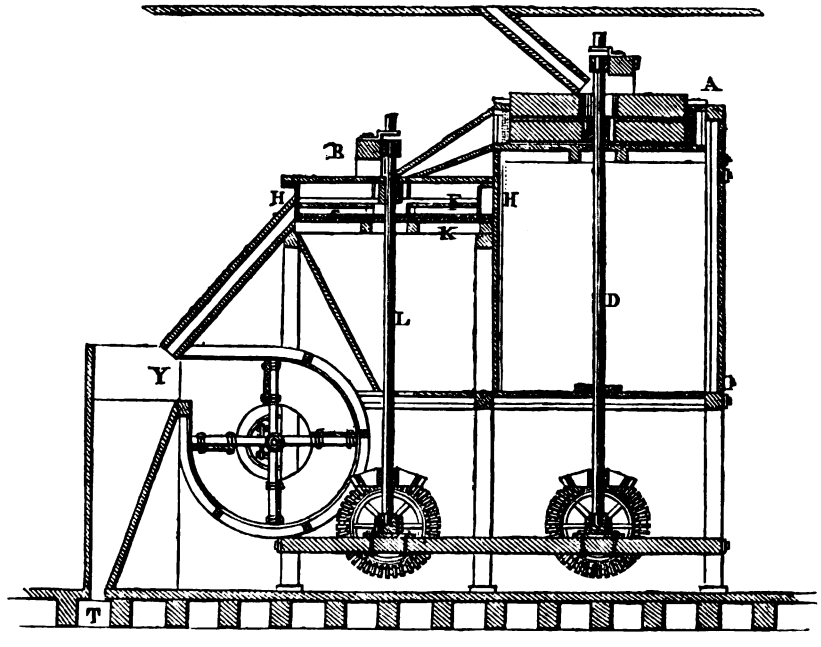
Après de nombreux tâtonnements, M. Cartier, constructeur de roues dentées et de moulins, à Paris, auquel on doit la machine qui nous occupe, s'est arrêté aux dimensions suivantes qui paraissent les plus convenables : le cylindre a 0m,60 de diamètre et 1m,20 de hauteur; il doit faire de 280 à 300 tours par minute.

L'appareil, avec les dimensions que nous venons d'indiquer, peut nettoyer facilement 250 kilogrammes de blé par heure ou 6000 kilogrammes par 24 heures, c'est-à dire environ 75 hectolitres. C'est à peu près le travail de quatre à cinq paires de meules à l'anglaise, avec une puissance de 12 à 14 chevaux-vapeur effectifs. Quelques usines n'ont même qu'un seul nettoyeur pour six paires de meules; mais alors il fatigue beaucoup. Le

Digitized by Google

prix de cet appareil, pris chez le constructeur, M. Cartier, est de 800 à 900 francs.

Parmi les appareils employés pour le nettoyage des blés avant le nettoyeur de M. Cartier, nous citerons le suivant (fig. 1909), qui était un des meilleurs. Le blé est conduit par le tuyau o dans une ouverture circulaire, pratiquée au centre de la meule courante A placée à une assez grande distance de la meule gisante E, pour ne pas écraser le grain, mais seulement le rouler sur lui-même avec une certaine énergie. Après avoir passé



1909.

entre les deux meules dont nous venons de parler, le grain descend, par le tube *n*, dans un cylindre entièrement fermé, dont le fond et les côtés sont en tôle crevée, et dans lequel se meut un tambour F garni de brosses dures qui détachent complétement la poussière adhérente. Le blé, ainsi nettoyé, tombe par le tuyau H, et traverse le courant d'air produit par le ventilateur Q. La poussière et les corps légers s'échappent par l'ouverture Y ; le bon blé descend dans la trémie T.

Le nettoyage avec les appareils que nous venons de décrire a lieu par *voie sèche*. On cherche depuis longtemps une bonne méthode de nettoyage par *voie humide*. Ce mode de purification présenterait beaucoup d'avantages, mais jusqu'à présent la solution complète de la question n'a pas été obtenue. Le *lavage* du grain est assez facile à exécuter, mais le desséchage paraît offrir de grandes difficultés. Quoiqu'il en soit, M. de Maupeau a pris, en 1834, un brevet d'invention pour une machine qui paraît assez satisfaisante. Le blé, après avoir été lavé, parcourt successivement une série de cylindres animés d'un mouvement de rotation, et disposés dans une chambre de forme pyramidale faisant chemin

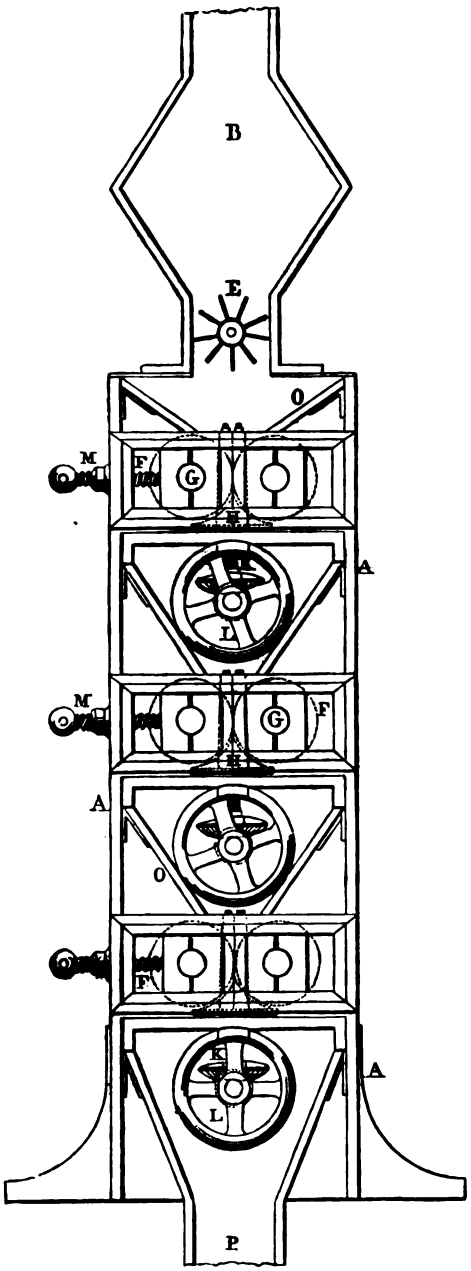
Cylindre cribleur. Le nettoyage du grain se termine ordinairement par son passage à travers un crible ; quelques meuniers négligent cependant cette opération. Voici du reste la description de l'appareil le plus perfectionné en ce genre. Un tuyau recourbé R (fig. 1905 et 1906) part du fond de la trémie N et conduit le blé dans le cylindre cribleur S, que nous n'avons pu représenter dans toute sa longueur, faute d'espace. Ce cylindre a 4 mètres de longueur et 0m,50 de diamètre ; il est formé de feuilles de tôle mince, découpées en trous longs et ronds, calculés de manière à laisser passer les petits grains de blé et les graines rondes qu'on ne veut pas moudre avec les blés de premier choix. Ces feuilles de tôle sont clouées sur de longues tringles de bois, fixées sur trois cercles ajustés sur des croisillons en fonte U, montés sur l'arbre en fer tourné W. Le cylindre cribleur doit faire 28 à 30 tours par minute ; il convient de prendre son mouvement sur l'arbre moteur du nettoyeur, afin que ces deux appareils marchent et s'arrêtent en même temps. On lui donne d'ailleurs une inclinaison de 0m,04 par mètre pour faciliter la descente des grains.

L'extrémité supérieure est fermée par une planche qui ne présente qu'une ouverture circulaire, à travers laquelle s'introduit le conduit *g*. L'extrémité inférieure

Digitized by Google

est aussi fermée par un plateau ouvert à son centre, et garni de palettes qui forment *escargot* et facilitent la sortie du grain en l'élevant de la partie inférieure jusqu'au centre.

Le cylindre cribleur est enveloppé d'une auge demi-



1910.

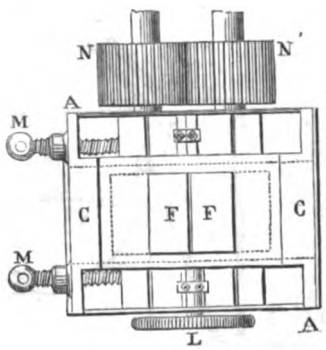
circulaire en fer-blanc ou en zinc, dans laquelle tombent les petits grains qui passent à travers les trous de la tôle percée. L'inclinaison de cette auge étant très faible, on a cloué sur les tringles en bois des palettes qui poussent, comme une vis sans fin, vers l'extrémité de l'auge, les grains qui s'y accumuleraient sans cette précaution.

Dans quelques moulins, le blé en sortant du cylindre cribleur n'est pas conduit directement à l'engreneur. On le soumet, soit à l'opération du mouillage, soit à l'action de cylindres comprimeurs. Nous devons expliquer en quoi consiste ce travail.

Mouillage. Quand la nature des blés rend nécessaire de les mouiller avant de les soumettre à l'action des meules, on les fait passer à travers des cylindres en tôle pleine, inclinés et animés d'un mouvement de rotation, à travers lesquels circule un filet d'eau. Cette machine très simple humecte uniformément tous les grains et n'exige que très peu de force.

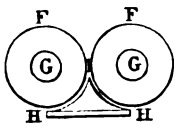
Cylindres comprimeurs. Il est assez avantageux de soumettre à l'action de cylindres comprimeurs les blés très durs ou renfermant accidentellement des graviers qui n'ont pu être attaqués par le cylindre nettoyeur. Cette machine est toutefois assez rarement employée; voici du reste comment elle est ordinairement établie.

Trois paires de cylindres très durs, en fonte ou même en acier trempé F,F (fig. 1910 et 1911), sont disposés les uns au-dessus des autres dans un fort bâti A. Des trémies *o o*, *o' o'*, *o'' o''*, ramènent sans cesse vers cha-



1911.

que système de cylindre le blé qui sort du précédent. Les vis M qui agissent sur les coussinets qui embrassent les axes des cylindres G permettent de régler convenablement leur écartement. Une pièce triangulaire H, nettement indiquée (fig. 1912), est placée au-dessous de chaque paire de cylindres. Le grain se trouve ainsi soumis à l'action des cylindres, non seulement pendant son passage au point I, mais encore pendant tout le temps qu'il met à parcourir l'espace I H. Les manivelles à volants L (fig. 1910 et 1911) mettent en mouvement, au moyen de roues d'angle K, des vis qui servent à régler l'écartement de la pièce H et des cylindres comprimeurs.



1912.

Meules. La bonne qualité des meules est une des conditions les plus importantes de l'établissement d'un moulin. On ne saurait apporter trop de soin au choix de la pierre et à la manière dont elle est taillée.

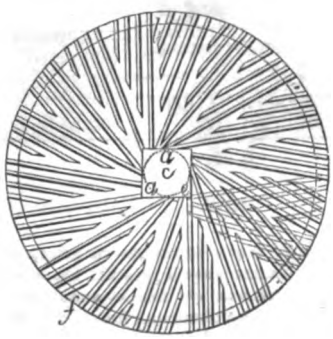
Les pierres calcaires et les grès sont impropres à la fabrication des meules; elles formeraient par leur frottement, soit de la poussière, soit des sables qui altéreraient la farine à laquelle ils se mêleraient. La variété de quartz silex, connue sous le nom de pierre meulière, fournit les meilleures meules connues. Cette roche se rencontre assez abondamment dans les terrains tertiaires des environs de Paris, surtout auprès de La Ferté-

Digitized by Google

sous-Jouarre (Seine-et-Marne). Les fabriques de meules de cette localité sont renommées en France et à l'étranger; elles fournissent tous les moulins des environs de Paris, et font de nombreuses expéditions pour l'Amérique.

Les anciennes meules avaient de 1m,80 à 2m,30 de diamètre. On les formait d'un seul bloc, et quelquefois de deux ou trois fragments. Il était très difficile de se procurer de pareilles pierres, et tout à fait impossible d'avoir des meules parfaites; elles présentaient toujours quelques points défectueux.

Les meules employées dans la mouture américaine ont presque toujours maintenant 1m,30 de diamètre et



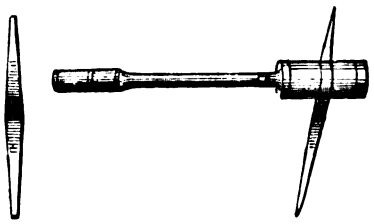
1913.

0m,27 d'épaisseur. Elles sont formées d'un grand nombre de pierres de petite dimension, de qualité identique, rapprochées et maintenues par une couche de plâtre et des cercles en fer. Quelques fabricants s'attachent à cacher les joints dans le fond des sillons des meules; cette précaution est assez bonne. Dans tous les cas, les joints des pierres doivent être taillés au burin pour que l'ajustage soit aussi parfait que possible. La pierre meulière forme à peine la moitié de l'épaisseur que nous venons d'indiquer; le reste est formé de débris maçonnés au plâtre. Les inégalités naturelles de la pierre, qui la rendent coupante et plus ou moins vive, se nomment *éveillures*. On dispose généralement les morceaux de pierre les plus vifs, et par suite les plus favorables à la mouture, près de la circonférence des meules. On a remarqué qu'il était convenable de marier des meules de natures différentes; la meule *courante* doit être plus ardente que la meule *gisante*.

On ménage au centre de chaque meule une ouverture circulaire de 0m,25 à 0m,30 de diamètre, nommée l'*œillard*. A peu de distance de ces ouvertures, les meules sont rayonnées sur toute leur surface, comme l'indique la fig. 1913. La profondeur de ces rayons est de 0m,005 à 0m,006. Ils sont formés d'un plan perpendiculaire à la surface générale de la meule, et d'un autre plan incliné qui vient se raccorder avec le dessus de la meule. Les rayons de la meule courante et de la meule gisante sont disposés de la même manière; ils passent les uns au-dessus des autres, pendant le mouvement, en formant des angles variables comme une cisaille. Le grain se trouve donc d'abord déchiré par les rainures avant d'être broyé entre les parties pleines de la surface des meules. On a tenté, en Angleterre, de donner aux rayons une forme circulaire; cette innovation, que rien ne justifie, n'a produit aucun bénéfice.

Une paire de meules ne peut travailler que 6 ou 7 jours de suite, il faut donc en avoir une de rechange sur cinq ou six.

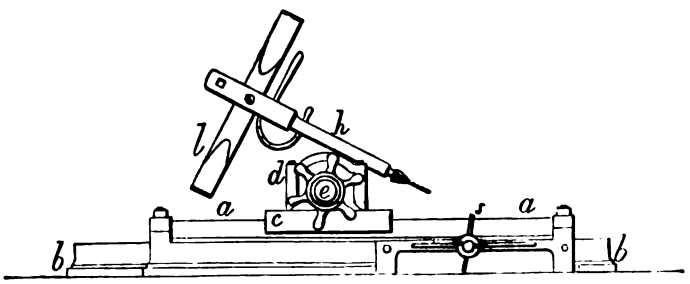
Les parties pleines des meules doivent être parfaitement planes. Quelques meuniers, il est vrai, creusent

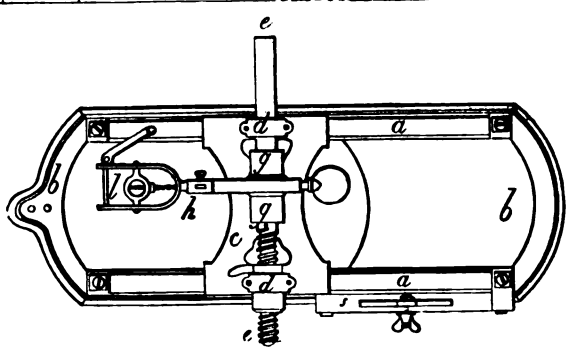


1914. 1915.

légèrement vers l'œillard la meule courante; mais cette précaution paraît inutile. La surface des meules doit être dressée au marteau avec le plus grand soin : cette opération se nomme *rhabillage*. On vérifie si la meule est bien droite, en passant dessus une règle enduite d'une légère couche de rouge : les parties sur lesquelles s'arrête la couleur sont les plus élevées. Les ouvriers rhabillent les meules, en frappant des coups légers et

1916.





1917.

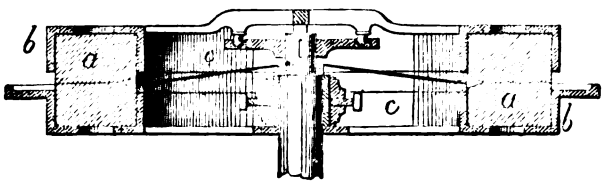
Digitized by Google

dirigés parallèlement sur toute la surface, à l'aide d'un marteau tranchant en acier fondu bien trempé. (Fig. 1914 et 1915.)

L'opération du rhabillage des meules est très délicate, et exige des ouvriers intelligents et très exercés. On a souvent cherché à l'exécuter mécaniquement; jusqu'à présent on n'est pas arrivé à une solution complète du problème; il paraît très difficile à résoudre. La qualité de la pierre, variant d'un point à un autre, exige à chaque instant un effort différent qui ne peut être apprécié que par un ouvrier exercé; on ne peut que diriger la main de l'ouvrier pour obtenir le parallélisme et la régularité de l'écartement des tailles. Tel est le but de la machine imaginée par M. Dard de Troyes, et qui paraît fournir de très bons résultats.

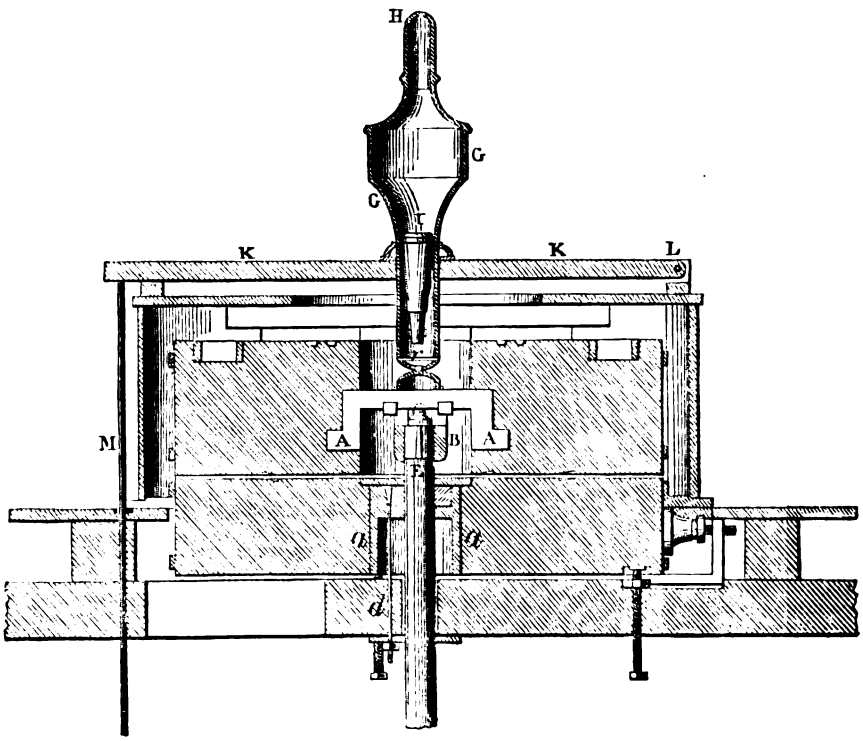
Les figures 1916 et 1917 feront comprendre la construction de cet outil. Deux guides cylindriques *a*, *a*, en fer tourné, sont fixés sur le châssis en fonte *bb*, que l'on pose sur la meule à rhabiller, et qui doit être assez lourd pour se maintenir en place par son propre poids. Un chariot en fonte *cc*, conduit par les guides *a*, *a*, peut se mouvoir librement sur toute la longueur du châssis : ce chariot porte deux coussinets *d*, *d*, qui reçoivent une vis *ee*. Un manchon *g*, tournant librement sur cette vis, porte une pièce *h* disposée de manière à recevoir l'outil *l*. L'ouvrier appuie sur la partie méplate de la pièce *h*, et soulève ainsi le marteau qu'il abandonne ensuite à son propre poids pour le laisser frapper sur la meule. Le parallélisme des tailles est assuré par cette disposition, puisque l'outil ne peut se mouvoir que dans le sens des guides; leur écartement est d'ailleurs réglé d'une manière fort ingénieuse : quand le chariot porte-outil arrive à l'extrémité de sa course, l'étoile *p*, fixée sur l'écrou *q* qui commande la vis, rencontre la tige *s* fixée au bâti de l'appareil et tourne d'un certain nombre de dents. La vis avance donc d'une certaine portion de son pas, et l'outil se trouve transporté parallèlement à lui-même de la même quantité.

On a fait de nombreux essais pour modifier le système des meules généralement employées, et diminuer la consommation de pierres meulières et l'échauffement de la boulange. Les meules à mouvement excentrique,



1918.

ou garnies de lames et rayons en acier, n'ont donné aucun bon résultat jusqu'à présent. On espère qu'il en sera tout autrement de meules annulaires pour lesquelles M. Gosme a obtenu un brevet d'invention il y a deux ans. Les parties de la meule qui avoisinent l'œillard ne travaillent presque pas; on sait d'ailleurs que la dimension de cette ouverture n'influe sensiblement ni sur la quantité, ni sur la qualité du produit

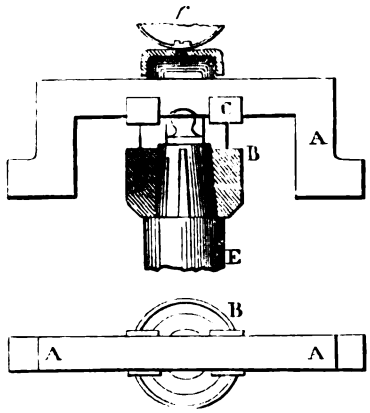


1919.

Digitized by Google

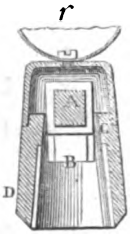
obtenu. M. Gosme, d'après ces observations, a essayé de réduire considérablement la surface travaillante de la meule. Voici comment il y est parvenu. Il dispose les carreaux de pierre meulière *a* (figure 1918) dans des cuvettes annulaires en fonte *b*. Une surface conique en tôle *c* conduit le grain jusqu'à l'entrée de la meule. La construction du gros fer, du pointal, etc., est d'ailleurs à peu près le même que de coutume. Cette disposition présente plusieurs avantages : elle économise la pierre meulière, dont le transport est fort coûteux pour les localités éloignées des carrières ; elle diminue l'échauffement de la boulange, et enfin elle économise la force motrice en réduisant les frottements. Ces nouvelles meules sont certainement appelées à rendre des services ; les fabricants de meules ordinaires, auxquels j'en ai parlé, n'ont pu s'empêcher de les approuver.

1920.



1921.

1922.





1923.

Disposition des meules. La meule gisante (fig. 1919) repose sur un plancher solidement construit en charpente ou en fonte, comme nous le verrons un peu plus loin en parlant de la disposition des *beffrois*. On la place dans une position parfaitement horizontale au moyen de vis verticales et de *triangles*. Enfin des vis horizontales déterminent sa position. La meule courante est supportée par un arbre E, ordinairement en fonte, nommé *gros fer* ou *fer de meule*, qui lui imprime un mouvement rapide de rotation. La réunion de la meule courante et du gros fer se fait ordinairement au moyen d'une *nille* ou *anille* A, pièce de fer encastrée dans la meule et qui repose sur l'extrémité du gros fer auquel elle est librement réunie par un manchon en fonte. Les fig. 1920, 1921, 1922 et 1923 montrent les détails de cette disposition. Le manchon en fonte B qui supporte la nille A est composé de deux parties. La partie inférieure s'ajuste sur le gros fer et se trouve maintenue par les deux nervures E. La pièce sphérique sur laquelle repose la nille est en acier, on la nomme *pointal*. Elle est encastrée dans le gros fer.

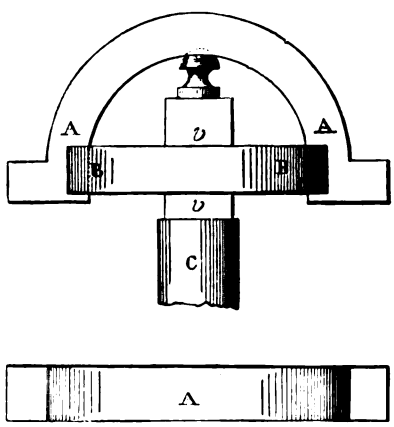
La simple inspection des fig. 1924, 1925, 1926 et 1927 fera comprendre une autre disposition d'anille quelquefois employée. Il en est de même du système d'anille de la fig. 1928. Mais ces dispositions sont moins bonnes que celle que nous avons fait connaître la première.

Le sommet du pointal doit être placé notablement au-dessous du centre de gravité de la meule, afin que l'équilibre soit très stable. Dans une meule de $0^m,27$ d'épaisseur, il convient de le placer à $0^m,15$ au-dessus de la surface inférieure.

On doit chercher à mettre la meule en équilibre aussi parfait que possible. Malgré les soins apportés à la disposition de la pierre, on n'atteint pas complétement ce résultat ; on est obligé de terminer la mise en équilibre en coulant du plomb dans des trous disposés à cet effet sur la surface de la meule.

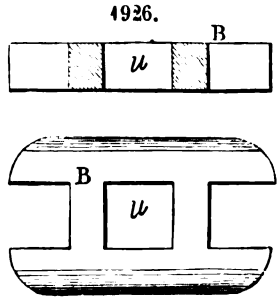
Le gros fer traverse la meule gisante à travers un boitard en fonte *a* (fig. 1919), scellé dans cette meule. Ce boitard est représenté en coupe et en plan fig. 1929 et 1930. Les coussinets en bronze *x*, dont on peut augmenter ou diminuer le serrage au moyen de la tige *d*, embrassent la partie tournée du gros fer. Les masses d'étoupes *y*, constamment imprégnées d'huile, entretiennent la douceur du mouvement.

1924.



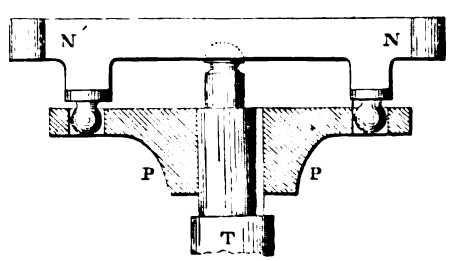
1925.

1926.



1927.

Engreneur. Le blé est amené aux meules par un tuyau H (fig. 1919) qui s'ouvre dans la boîte en cuivre



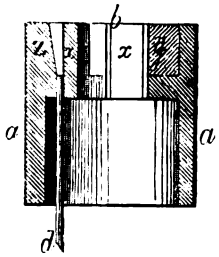
1928.

mince G. Celle-ci se termine par un tuyau ouvert, dont l'extrémité est placée au-dessus d'une cuvette r, fixée

Digitized by Google

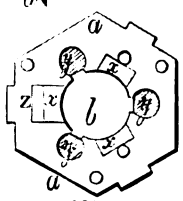
sur le manchon en fonte qui surmonte le gros fer. En soulevant plus ou moins la traverse KL qui supporte la boîte G, on règle convenablement l'écoulement du grain.

1929.



Cet appareil très simple remplace avec avantage les trémies, l'auget et le *baille-blé*, qui encombrent sans nécessité toute la surface des meules, et produisent un bruit si désagréable.

Disposition du gros mécanisme, beffroi. Nous venons d'indiquer l'ajustement de meules; examinons maintenant comment on peut grouper les différentes paires et le mécanisme qui leur transmet le mouvement.

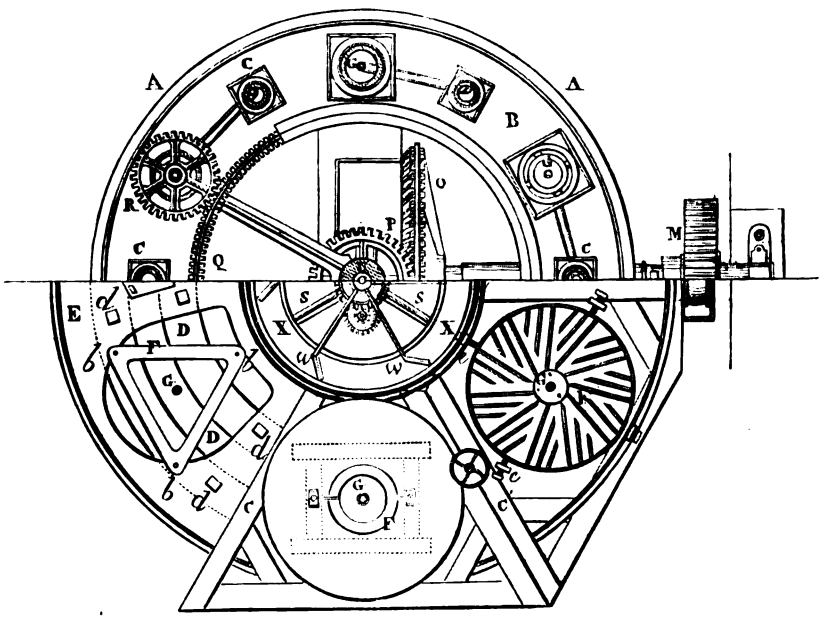


1930.

Les fig. 1931 et 1932 représentent un beffroi de six paires de meules, disposé de la manière la plus convenable. Le plan (fig. 1931) est fait à plusieurs hauteurs différentes : ainsi, la meule en F² est recouverte de son enveloppe, tandis qu'en F' on a supprimé l'enveloppe et la meule courante pour ne montrer que la gisante. Enfin, en F, on suppose les deux meules enlevées et on aperçoit le *triangle* en fer *bbb* sur lequel la meule est placée et qui reçoit l'action des vis calantes. La partie supérieure de la figure représente aussi des sections faites à différentes hauteurs : la première au niveau de l'engrenage qui transmet le mouvement et les deux autres à des hauteurs moins considérables encore.

Les meules sont établies sur une forte plate-forme en fonte ou en charpente DD (fig. 1932) portée sur des colonnes également en fonte *c*, qui reposent sur un massif de maçonnerie. La roue M reçoit le mouvement du moteur, et, au moyen des roues d'angles *o* et *p*, le transmet à l'arbre vertical U. Cet arbre porte la roue *g* qui engrène à la fois avec tous les pignons A montés sur les gros fers G des meules (fig. 1931 et 1932). On débraie les roues R en les soulevant au moyen d'un cric de forme particulière. Le nombre de dents des roues qui composent le système d'engrenage dont nous venons de parler, doit être calculé de manière à ce que les meules fassent 120 tours par minute. Ils dépendent par conséquent de la nature du moteur; ainsi, avec les roues hydrauliques ordinaires, on est obligé d'accélérer le mouvement; avec certaines turbines au contraire on est obligé de le ralentir, et quelquefois la vitesse de la turbine est telle que l'on peut monter directement la meule sur l'arbre du moteur, ce qui évite l'emploi des roues dentées.

Les roues dentées *g* et R peuvent être remplacées par des courroies. Ce mode de transmission de mouvement est en général plus doux que les engrenages; il présente surtout un grand avantage dans les moulins où la puissance motrice est intermittente, comme une machine à vapeur, dont le *point mort* est toujours sensible quelle que soit la masse du volant. L'arbre moteur et le gros fer portent, dans ce cas, des poulies sans gorge de même diamètre et à moitié enveloppées par les courroies qui



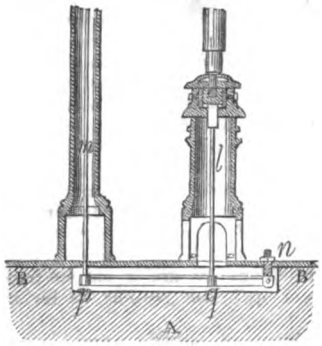
1931.

doivent avoir 0m,25 à 0m,30 de largeur pour transmettre la force nécessaire. Les courroies doivent être assez longues pour n'être pas naturellement tendues. On les fait agir au moyen d'un rouleau de tension. L'embrayage et le débrayage sont beaucoup plus faciles avec cette disposition que dans le système précédent.

Le mécanisme employé pour *soulager* les meules est fort ingénieux et n'exige pas que le meunier descende à l'étage inférieur, comme cela avait lieu dans les anciens moulins. La crapaudine qui reçoit le pivot du gros

Digitized by Google

fer est guidée par un manchon cylindrique, et peut être soulevée par la tige *l* (fig. 1933) qui est fixée à



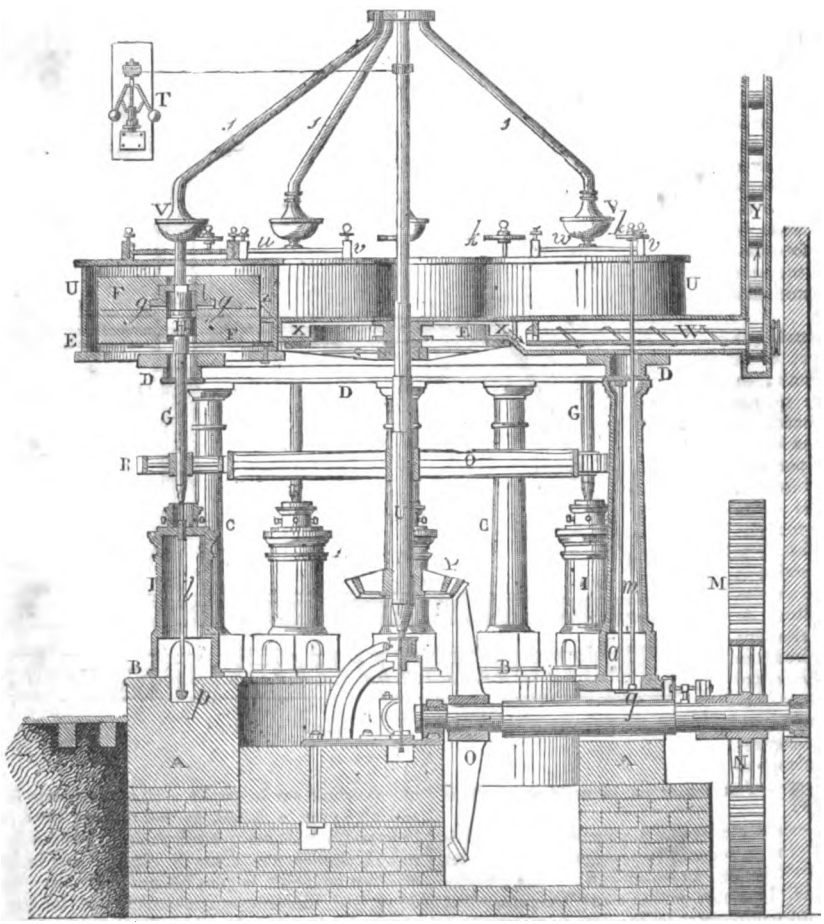
1933.

charnière au levier *pq*. L'extrémité de ce dernier levier est réunie à une tige *m* (fig. 1932) qui traverse la colonne et se termine à l'étage des meules par une petite manivelle à volant *k*. Cette tige *m*, taraudée dans une partie de sa longueur, traverse un écrou fixe que l'on aperçoit logé dans l'entablement D. En imprimant un mouvement de rotation convenable à cette tige au moyen de la manivelle *k*, on voit qu'on soulèvera le levier *pq* (fig. 1933) et par suite la meule. Les mêmes lettres représentent les mêmes objets sur le dessin de détail (fig. 1933), et sur la figure d'ensemble on comprendra aisement le jeu de l'appareil.

Les conduits *s* amènent le grain aux engreneurs V, dont nous avons déjà donné la description.

Une poulie montée sur l'arbre V met en mouvement un modérateur à force centrifuge T. Les boules de cet instrument s'écartent d'autant plus que la vitesse est plus grande; il est d'ailleurs disposé de telle sorte qu'il fait sonner une cloche d'un certain timbre, quand la vitesse est trop grande, et qu'il en agite une d'un autre son quand elle est trop ralentie, de sorte que le meunier n'a même pas besoin de regarder pour savoir qu'elle est la marche de son moulin.

Récipient à boulange. Dans les anciens moulins à l'anglaise, on recevait la boulange à sa sortie des meules dans une boîte rectangulaire, nommée *arche*, qui descendait jusqu'au rez-de-chaussée, et de là elle était remontée par des chaines à godets jusqu'à l'étage des bluteries. On adopta plus tard une autre disposition :



1932.

les arches conduisaient la boulange dans un grand récipient circulaire placé autour du beffroi et animé d'un mouvement de rotation très lent. Un élévateur repre-

Digitized by Google

nait alors la farine et la montait à la chambre du râteau ou *refroidisseur*. L'évaporation de la folle farine, avec cet appareil, était fort considérable, parce que le récipient circulaire était entièrement ouvert à sa partie supérieure. M. Cartier emploie une autre disposition, qui est maintenant généralement adoptée. Voici en quoi elle consiste : la boulange sort des meules par les ouvertures Z (fig. 1931 et 1932), et tombe dans un réservoir circulaire placé entre les meules peu au-dessus du plancher du beffroi ; des palettes X animées d'un mouvement lent de rotation la remuent et finissent par l'amener à la vis sans fin W, qui la conduit jusqu'à une chaîne à godets Y, placée près du mur de timpanne, au moyen de laquelle elle est conduite à la chambre du râteau.

Les dimensions et les vitesses des palettes, de la vis sans fin et de la chaîne à godets doivent évidemment être telles que toute la boulange produite par les meules soit facilement entraînée. Nous ne nous arrêterons pas à ces petits calculs numériques que chacun peut faire, quand on connaît le produit de chaque paire de meules et leur nombre.

Cette disposition n'évite pas entièrement la perte de la folle farine. M. Cartier avait eu l'idée de l'aspirer par un long tuyau et, au moyen d'un ventilateur placé plus loin, de l'envoyer dans la chambre du refroidisseur. Cette idée est fort bonne, mais on peut éviter l'emploi du ventilateur en faisant communiquer le tuyau dont nous venons de parler avec une cave, ce qui suffit pour produire ce tirage. Nous avons vu un appareil fonctionnant par ce moyen : il produit d'excellents résultats.

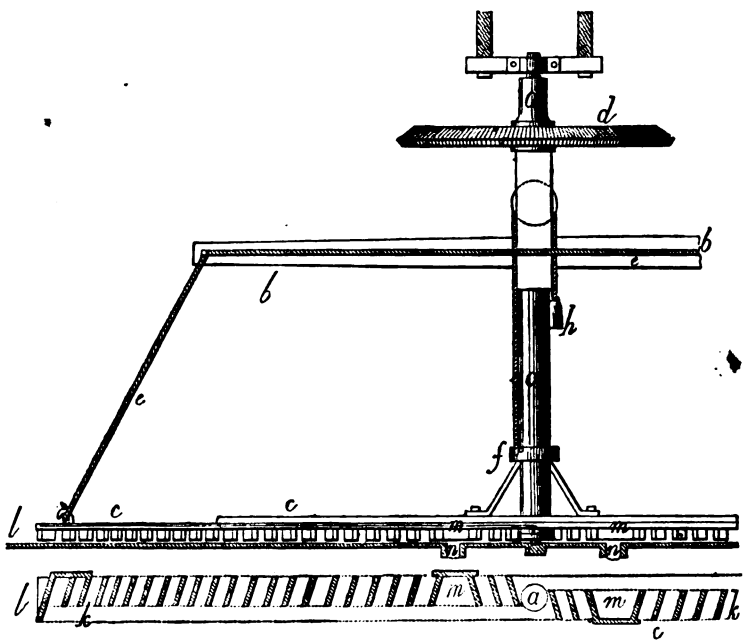
On a pensé que l'échauffement de la boulange tenait, en partie, à ce qu'elle était comprimée, au moment de sa sortie des meules par une seule ouverture, et on a proposé de la laisser sortir tout autour des meules. Cette disposition serait très bonne et facile à réaliser. Il suffirait de placer les meules dans une cuvette circulaire en fonte, et de mettre dans cette espèce d'auge un système de palettes qui ramasseraient la boulange et la conduiraient à l'ouverture par laquelle on voudrait la faire sortir.

Plusieurs essais ont été faits pour s'opposer à l'échauffement produit pendant le passage du blé dans les meules. Jusqu'à présent aucun moyen n'a été généralement adopté. Plusieurs mécaniciens recommandent cependant d'introduire entre les meules, au moyen d'un ventilateur, un courant d'air assez rapide. Ce procédé paraît le plus rationnel et le plus simple.

La question qui nous occupe est du reste celle qui préoccupe le plus les meuniers en ce moment, et les opinions sont loin de se ressembler. Le plus grand nombre des constructeurs cherchent, comme nous venons de le voir, à refroidir la boulange après sa sortie des meules. D'autres meuniers, au contraire, et particulièrement l'un des plus habiles de France, échauffent les tuyaux où ils la font circuler, afin que sa température ne s'abaisse pas avant d'atteindre la bluterie. On évite ainsi la condensation des vapeurs qui se dégagent de la matière, et par suite la formation de ces masses pâteuses qui s'attachent dans tous les coins des appareils et qui sont pour le meunier une cause de perte et de soins continuels. Un autre fabricant va plus loin encore : il échauffe le blé avant de le livrer aux meules ; il croit que cette précaution rend la mouture plus facile. Ce résultat ne doit être vrai que pour des échantillons de blé tout à fait particuliers ; car les bons effets du mouillage des grains ont été trop souvent observés pour qu'il soit possible de les mettre en doute.

Râteau refroidisseur. Quand on prend le parti de refroidir la boulange, ce que l'on fait presque toujours, on la conduit du récipient dont nous avons parlé, à la chambre du râteau refroidisseur. Cet appareil n'est autre chose qu'un véritable râteau *cc* (fig. 1934 et 1935) fixé à un arbre vertical *aa*, qui peut recevoir un mouvement de rotation au moyen de la roue d'angle *d*. Le contre-poids *h* fixé à l'une des extrémités d'une corde qui s'enroule sur la poulie *g* et qui supporte la pièce *f* solidaire avec le râteau, permet d'élever cette partie de l'appareil à la hauteur convenable. Il résulte de l'inclinaison donnée aux dents du râteau, que la boulange arrivant au point le plus éloigné du centre du cercle décrit par l'instrument, parcourt une longue spirale avant d'arriver aux dernières dents *m*, *m*, disposées de manière à la pousser aux conduits *n*, *n*, ce qui lui donne le temps de se refroidir complétement.

1934.



1935.

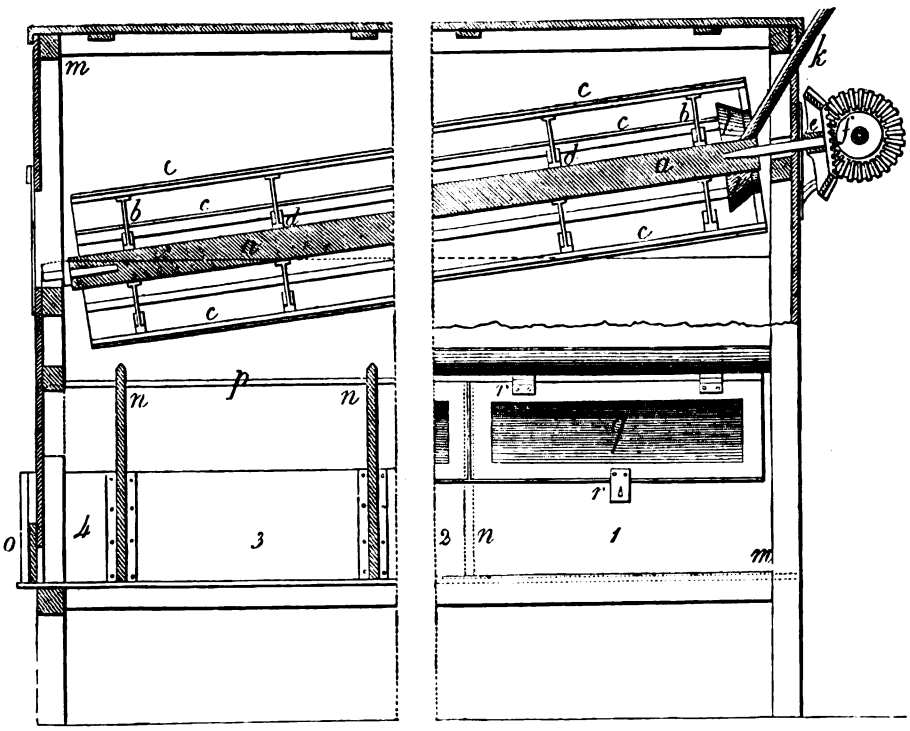
Bluterie. Nous avons dit que le bluteau des anciens moulins n'était autre chose qu'un long sac en étamine continuellement agité par un mécanisme particulier.

Digitized by Google

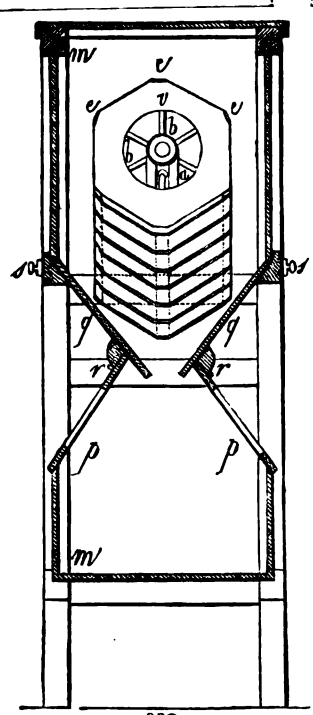
Cet appareil a reçu des modifications aussi grandes que toutes les autres parties des moulins.

la partie inférieure est divisée en cases correspondant aux différentes qualités de farine. Les *soies*

4936.



Les fig. 4936 et 4937 représentent très bien le système de bluteaux généralement employés aujourd'hui. Un arbre en bois *a* porte des bras *b*, sur lesquels sont fixées de longues tringles en bois *c* formant les arêtes d'un prisme hexagonal. Des gazes de soie de différents degrés de finesse sont tendues sur cette espèce de carcasse. Le bluteau doit avoir 4m,00 de longueur et environ 0m,90 de diamètre ; il tourne, avec une vitesse de 25 à 30 tours par minute, sur des tourillons en fer. La boulange est introduite par l'ouverture supérieure. L'appareil est renfermé dans un coffre en planches dont



4937.

de Lyon, généralement employées pour les bluteries, ont environ 1 mètre de largeur. Les plus fines renferment environ 50 fils au centim. et les plus grosses seulement 10 fils dans le même espace. On dispose les premières à la partie supérieure des bluteaux, et les autres au bas. La dernière case reçoit des gruaux à remoudre. Les résidus qui n'ont pu traverser les soies sortent à l'extrémité inférieure de la bluterie. Une chaîne à godet, les reprend et les conduit à une bluterie particulière appelée *quintin*, recouverte d'une étoffe de laine et destinée à séparer les diverses issues, qui, suivant leur grosseur, leur poids et leur blancheur, portent les noms de gros son, petit son, recoupettes et remoulage. Quand la mouture est bien faite, le gros son ne doit peser que 18k l'hectolitre comble, le petit son 20k, les recoupettes 25 à 27k. Le poids des remoulages est très variable ; il dépend de la qualité des blés et des procédés de fabrication. Ces différents produits, très recherchés pour la nourriture des bestiaux, offrent à l'agriculture de précieuses ressources dont on ne saurait trop apprécier l'importance.

Dans les bluteries très bien montées, la farine ne s'accumule pas, comme l'indiquent les figures ci-jointes, dans les cases, elles tombent sur des toiles sans fin qui la conduisent directement à l'*ensacheur*.

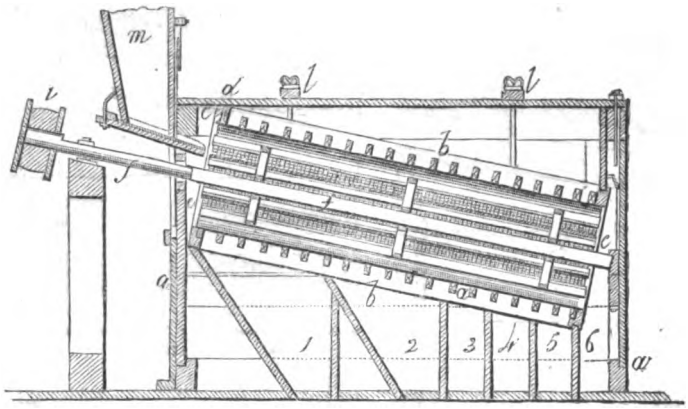
Deux bluteaux de 4m,00, disposés comme celui que nous venons de décrire, suffisent au travail de cinq à six paires de meules à l'anglaise de 1m,20 de diamètre.

La fig. 4938 indique la disposition d'une espèce de bluteau très employé il y a quelques années, surtout dans la mouture à gruaux, pour laquelle il présente de véritables avantages. C'est un cylindre en toiles métalliques de différentes grosseurs, dans lequel tourne un système de brosses montées sur un tambour porté

Digitized by Google

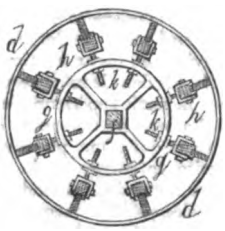
par un arbre *f*, comme on le voit dans la fig. 1939 qui représente une coupe perpendiculaire à l'axe du cylindre. La caisse qui enveloppe cet appareil est d'ailleurs divisée en compartiments comme celle du bluteau précédent.

La purification des gruaux s'achève dans les usines où l'on s'en occupe spécialement, au moyen de sas à main, espèces de cribles légers (fig. 1940) dont le fond est garni d'une peau percée de trous très fins. Le maniement de cet instrument exige de l'adresse et de l'habitude. Il faut lui imprimer un double mouvement de rotation interrompue et de secousse que l'on n'obtient qu'après un long exercice. On traite à la fois, par ce moyen, 2k,500 de gruaux. C'est donc une opération longue et dispendieuse.

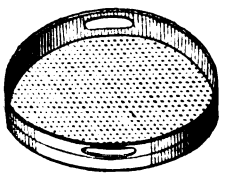


1938.

Appareils accessoires. Pour ne pas interrompre le fil de nos explications, nous avons omis la description de différents appareils accessoires sur lesquels nous allons revenir en peu de mots. Nous avons souvent parlé de mécanismes qui conduisent les différents produits de la mouture d'un point à un autre du moulin. Ces appareils sont très simples. Quand il s'agit de faire descendre la matière, il suffit de la laisser tomber dans un tuyau vertical ou fortement incliné. Pour imprimer au blé ou à la boulange un mouvement de translation horizontal ou peu incliné, on emploie une vis sans fin (fig. 1941), formée d'un arbre en bois et de palettes héliçoïdales tournant dans une auge cylindrique en bois, en zinc ou en fer-blanc. C'est une véritable vis d'Archimède à farine.



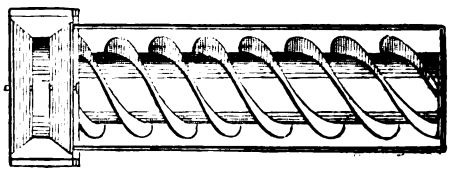
1939.



1940.

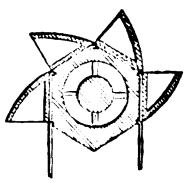
Enfin, quand il faut élever les matières, on emploie une chaîne à godets (fig. 1942), espèce de noria composée de petites hottes en cuir ou en fer-blanc montées sur une courroie ou une chaîne sans fin qui s'enroule sur deux tambours. Un de ces tambours doit recevoir du moteur un mouvement de rotation convenable.

Le rhabillage fréquent des meules rend nécessaire de les enlever et de les remettre souvent en place. Cette opération s'exécute facilement au moyen d'une grue mobile (fig. 1943). L'arbre vertical A s'engage dans des colliers disposés à cet effet dans le plancher et contre



1941.

les poutres du plafond. La volée B fixée à ce pivot porte à son extrémité l'écrou de la vis D. On saisit la meule au moyen du demi-cercle en fer G; on l'élève au moyen de la vis; on lui fait faire un demi-tour, et on la dépose sur le plancher où le rhabillage doit avoir lieu.





1942.

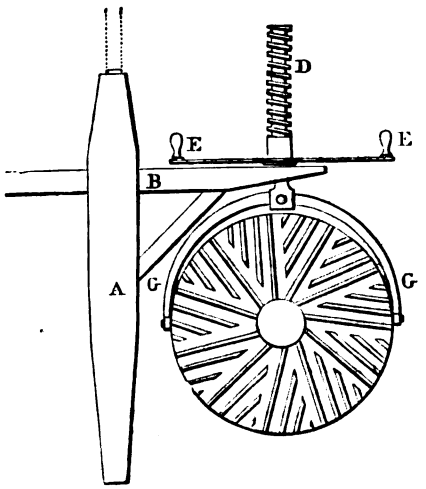
Le *monte-sacs* est un treuil que l'on fait embrayer à volonté avec un arbre moteur, soit au moyen d'un engrenage, soit au moyen d'une courroie lâche que l'on tend avec un rouleau à bascule, soit enfin avec une courroie qui passe facilement d'une poulie folle à la poulie fixée sur l'arbre du treuil.

On emploie dans les grands moulins, pour le transport des sacs, une petite brouette fort commode (fig. 1944). Les roues sont en fonte et tournent facilement sur l'essieu. En levant les bras de ce petit chariot, on introduit l'autre extrémité sous le sac, que l'on enlève ensuite

Digitized by Google

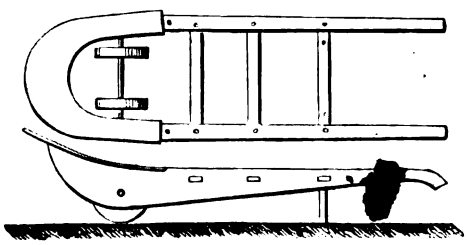
facilement en appuyant sur les poignées de la brouette.

Moulins portatifs. Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour obtenir des moulins d'un poids peu considérable et mis en mouvement au moyen d'une



1943.

force peu énergique, n'ont produit aucun bon résultat. Les moulins à cylindres cannelés, à noix conique en fonte taillée, à meules verticales, etc., n'ont pu supporter l'épreuve de l'expérience malgré les pompeux prospectus de leurs inventeurs. Nous décrirons seulement le système de M. Nodler, qui nous paraît le

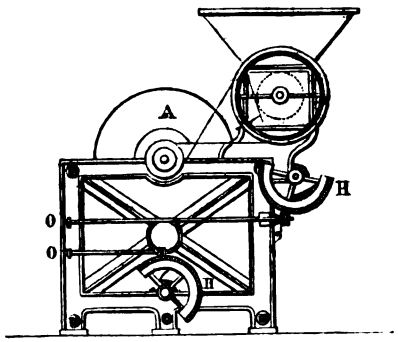


1944.

plus ingénieux de tous ceux qui ont été proposés. Mais, nous le répétons, on ne doit l'employer que dans les cas exceptionnels où il est *impossible* de faire autrement. Ce serait toujours une *fausse spéculation* pour un petit propriétaire de vouloir faire chez lui la farine nécessaire à sa consommation : c'est une de ces opérations où l'association est indispensable. Nous insistons particulièrement sur cette réflexion, parce que nous avons vu trop souvent des fermiers, séduits par les vaines promesses des inventeurs, se laisser entraîner à des dépenses absolument sans résultat.

La mouture s'exécute dans les appareils de M. Nodler par la rotation d'une meule verticale en pierre A (*fig.* 1945), tournant dans un *gîte* concentrique de même substance. La disposition de ce gîte est ce que représente de remarquable la machine en question ; elle permet de régler avec une grande précision et beaucoup de facilité l'écartement des pierres. La *fig.* 1946, dessinée à une plus grande échelle, fera comprendre cette partie du mécanisme. La meule courante A tourne invariablement autour de l'axe D sur lequel elle est fixée. Le gîte *b* est maintenu par deux

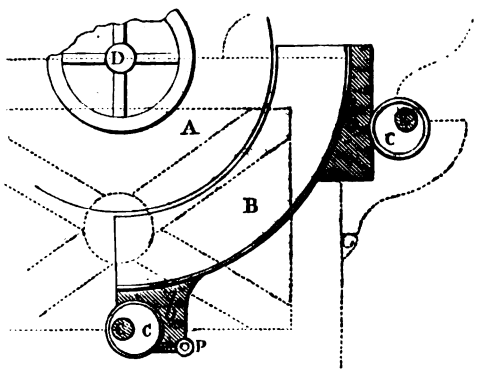
excentriques *c* dont les arbres sont figurés en E. En faisant mouvoir ces excentriques, on voit que l'on peut faire varier comme on le désire l'écartement du gîte et de la meule courante. Les excentriques sont d'ailleurs commandés par les vis sans fin des tiges *o* (fig. 1945) qui engrènent avec les segments dentés montés sur leurs arbres. On comprend d'ailleurs que cette disposition



1945.

rend très facile la vérification du rhabillage ; il suffit en effet de mettre un peu de couleur sur la meule courante et d'approcher jusqu'au contact le gîte : les points saillants se trouvent colorés et les autres ne le sont pas.

Il y a un dépôt des appareils que nous venons de



1946.

décrire au bazar de l'Industrie, boulevard Montmartre, à Paris.

Prix des moulins, force motrice, etc. Le prix d'établissement du mécanisme d'un moulin, forme anglaise, était de 6,000 francs par paire de meules, quand on a commencé à en établir, y compris la valeur de la roue hydraulique. Aujourd'hui les constructeurs livrent le mécanisme tout posé et la roue hydraulique, non compris le transport, pour 4,500 à 5,000 francs par paire de meules. Un meunier intelligent, qui voudrait organiser lui-même son moulin, pourrait l'obtenir à beaucoup plus bas prix encore, en établissant le beffroi en charpente et en maçonnerie, faisant construire sur les lieux toutes les pièces accessoires et n'achetant absolument aux fabricants que les roues dentées et autres grosses pièces qui ne peuvent s'obtenir qu'avec un outillage puissant. L'amortissement du capital engagé dans l'établissement d'un moulin construit dans ces conditions serait réalisé en quelques années par l'augmentation des produits.

Digitized by Google

La force nécessaire pour mettre en mouvement un moulin, forme anglaise, est d'environ trois chevaux-vapeur par paire de meules, qui moud, comme nous l'avons dit, 15 à 16 hectolitres de blé par 24 heures. Ces résultats sont assez variables : ils dépendent de la perfection du mécanisme, de la nature des blés, et enfin de l'espèce des produits. Ainsi quelques moulins, qui ne fabriquent que des farines médiocres, font moudre plus de 20 hectolitres par 24 heures à chaque paire. Cependant on peut regarder comme une moyenne les nombres que nous avons indiqués d'abord et déterminer approximativement le nombre de meules à installer avec un moteur donné, en divisant par trois sa force exprimée en chevaux-vapeur. Quand le moteur donné sera une chute d'eau, il est bien entendu que ce ne sera pas sa *puissance absolue* (voyez ROUE HYDRAULIQUE) qu'il faudra diviser par trois, mais seulement le produit de la puissance absolue par le *coefficient* de l'effet utile du moteur à construire, c'est-à-dire par 0,70 pour la plupart des roues hydrauliques.

Expliquons ceci par un exemple :

Supposons qu'un cours d'eau fournisse par 1". . . . . 1070 litres d'eau
Que sa chute soit de. . . 2 mètres
La puissance absolue sera de 2140 kilogrammètres.

Si nous supposons sur ce cours d'eau une roue hydraulique dont l'effet utile soit les 0,70 de la puissance absolue, nous voyons qu'elle nous fournira $2140 \times 0{,}70 = 1498$ kilogrammètres, ou bien $\frac{1498}{75} = 19{,}9$ chevaux-vapeur. En divisant ce dernier nombre par 3, nous trouvons pour quotient entier 6, qui est le nombre de paires de meules que l'on peut établir sur le cours d'eau proposé ; car il est toujours prudent d'avoir un petit excédant de force pour ne pas se trouver arrêté.

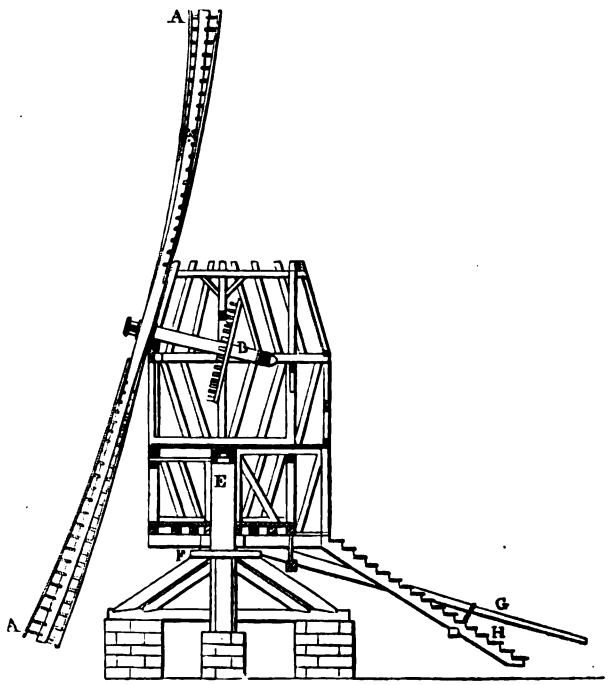
Nous allons donner à ces résultats une forme un peu différente, qui frappera davantage ceux de nos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec la valeur de la force du cheval-vapeur.

La consommation de blé en France est environ de 13.150.000 kilog. par jour. En supposant que l'hectolitre de blé pèse en moyenne 80 kilog., on trouve facilement qu'il faut au moins 3.084 chevaux-vapeur, travaillant jour et nuit, pour suffire à l'approvisionnement de nos marchés. On sait d'ailleurs que six chevaux pourraient à peine produire le travail d'un cheval-vapeur, de sorte qu'il faudrait 18.486 chevaux pour faire marcher nos moulins à blé. Enfin il faut environ 30 hommes pour remplacer un cheval-vapeur travaillant constamment, ce qui nous forcerait à employer 92.430 hommes à moudre nos blés, si tout autre moteur venait à nous manquer. L'application des chutes d'eau, de la force du vent ou de la vapeur à l'exécution d'un travail de première nécessité économise donc à la société une puissante armée de travailleurs, dont les efforts, sagement dirigés et appliqués à des travaux d'un ordre plus élevé, sont la source d'immenses produits. H. MANGON.

MOULIN A VENT. Les moulins à vent sont employés pour la mouture des grains, le sciage des bois, les irrigations, etc. Quoique le vent soit un moteur qui ne coûte rien et qui se trouve partout, on n'a guère recours à ces moulins que lorsqu'on ne peut pas faire autrement, à cause de l'irrégularité de leur action, le temps du chômage étant à peu près, dans nos pays, double de celui du travail.

On employait autrefois, et on voit encore dans quelques endroits, des moulins à vent dits à ailes horizontales, qui sont formés d'un arbre vertical portant des bras horizontaux, à l'extrémité desquels sont fixés des ailes formées, soit de demi-cylindres, soit d'hémisphères ou de cônes creux en tôle, et tournés dans le même sens. La pression exercée par le vent sur une aile qui lui présentera sa concavité, sera double de celle qu'il exercerait sur sa projection, tandis qu'elle sera égale ou même inférieure à cette dernière pression, sur l'aile située à l'autre extrémité du diamètre passant par la première aile, et qui lui présentera sa convexité. Le moulin tournera donc toujours dans le même sens, en vertu de la différence de ces deux pressions, quelle que soit la direction du vent. Le grand désavantage de ces moulins consiste en ce que l'action du vent n'agit jamais que sur un peu plus d'une aile, ce qui force à donner à celles-ci un beaucoup plus grand développement que dans les moulins à ailes verticales.

Actuellement on se sert, pour ainsi dire exclusivement, pour la mouture des grains, de moulins à vent à ailes verticales obliques, dont la fig. 1947 donne une coupe verticale. Ces moulins consistent : 1° en un arbre tournant B, forte pièce en bois de 0m,50 à 0m,60 d'équarrissage, fixée au comble d'un moulin ; comme on a reconnu que les courants d'air agissent en plongeant sur la terre sous un angle de 8 à 15 degrés, on donne cette même inclinaison à l'arbre B ; 2° en deux volants d'environ 24m de long et de 0m,20 à 0m,30 d'équarrissage, fixés en croix sur la tête de l'arbre, et qui forment les quatre bras. A 2m environ du centre de rotation, chacun d'eux est traversé, perpendiculairement à sa



1947.

longueur, par un barreau ou *latte*, de 2m de long, faisant un angle d'environ 30° avec le plan passant par les quatre bras : puis, de 0m,40 en 0m,40 on place de pareils barreaux, mais en les inclinant de moins en

Digitized by Google

moins, de manière que celui qui est à l'extrémité ne fait plus qu'un angle de 12° à 6°, selon que l'arbre est plus ou moins incliné à l'horizon. Les bouts de lattes, de part et d'autre des bras, sont maintenus par deux autres pièces de bois ; tout cet ensemble constitue une *aile* A du moulin. Par dessus, on étend la toile ou *voile* destinée à recevoir l'action du vent. Les voiles de ces moulins, par suite de la disposition des lattes, et quelquefois d'une légère courbure dans les bras, présentent une certaine concavité au vent qui augmente leur effet utile. Dans tous les cas, on doit toujours, lors du travail, *mettre le moulin au vent*, c'est-à-dire de telle sorte que le plan des ailes A, A, soit à peu près perpendiculaire à la direction du vent, ou que l'arbre B soit orienté suivant cette direction.

La charpente de la plupart des moulins à vent est en bois, et est établie au sommet d'un cône F (fig. 1947) en maçonnerie, qui porte une colonne centrale E, sur laquelle on fait pivoter le moulin pour le mettre au vent. A cet effet, des piquets sont plantés circulairement en terre, à quelque distance de la maçonnerie conique ; on attache à l'un de ces piquets un cabestan portatif à bras, dont on fixe la corde à l'extrémité du long levier G, et en agissant sur le cabestan on amène le moulin dans la position voulue. H est l'échelle de meunier qui sert pour monter dans le moulin.

Dans les moulins à vent d'une construction soignée, le corps du moulin est fixe et forme une tour en maçonnerie, surmontée de rails en fer graissés, ou même garnis de galets, sur lesquels tourne la toiture en entraînant avec elle l'arbre et les ailes.

La fig. 1948 donne une vue du mécanisme intérieur d'un moulin à vent. R, est la meule gisante ; O, la meule courante fixée au gros fer K, qui repose sur une crapaudine placée au centre de la meule gisante ; le gros fer forme l'axe d'une lanterne H, qui engrène avec la roue à dents de côté D, montée sur l'arbre des ailes B. Lorsqu'on fait tourner la toiture seule pour mettre le moulin au vent, ce qui n'est d'ailleurs pas le cas de la figure, cette roue D, entraînée par le mouvement général, ne cesse pas d'engréner avec la lanterne H. Au lieu d'une paire de grandes meules de 2m à 2m,80 de diamètre, on préfère ordinairement employer deux à trois paires de petites meules de 1m,20 de diamètre, parce que, quand le vent est faible, on ne fait tourner qu'une de ces meules ; dans ce cas, l'axe de la lanterne H communique le mouvement aux gros fers des meules par le moyen d'un engrenage facile à imaginer.

X Y, est un plancher qui sépare le moulin en deux chambres, lesquelles communiquent entre elles par l'échelle *q r*.

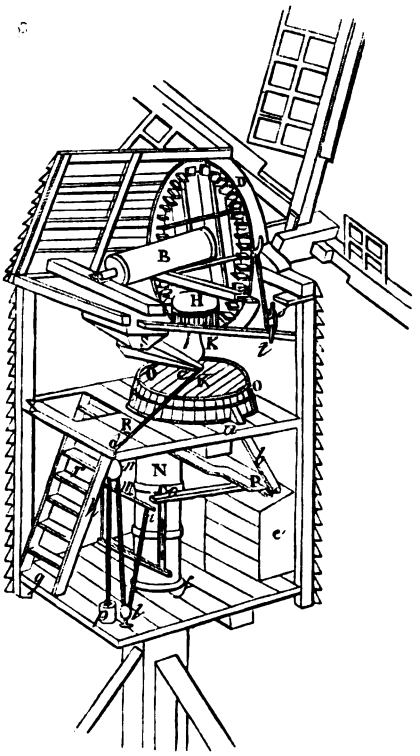
Le blé est versé dans une trémie S, d'où il s'écoule dans une *anche* pivotante S*c*, portant à son extrémité une cheville sur laquelle est passée une corde *c d*, qui sert à la secouer et à faire tomber le blé plus ou moins vite, selon la force du vent. De l'anche, le blé tombe dans un entonnoir placé au-dessus de l'œillard de la meule courante, passe entre les meules et descend à l'étage inférieur, par le conduit *a b*, dans le coffre *c*, où est le blutoir.

On fait varier l'écartement des meules au moyen d'un mécanisme assez simple. L'extrémité du gros fer porte sur une barre cylindrique qui traverse la meule gisante, et vient poser sur un levier qui repose par son extrémité sur le levier *o* P, lié à deux autres leviers *f g*, *h i*, dont les points de rotation sont en *f* et *m*, et dont le dernier est attaché, en *i*, à une corde *i l n p*, qui passe sur deux poulies de renvoi *l* et *n* et supporte un contrepoids *p*. En limitant le levier *h i*, dans la course ascendante de son extrémité *i*, on règle l'écartement minimum des meules.

Quand on veut arrêter le moulin, il suffit de serrer, au moyen du levier *t*, un frein qui commande la roue de champ D.

Avec un vent dont la vitesse est de 5m,8 par seconde, et un moulin des dimensions que nous avons données, les ailes font de onze à douze tours par minute, et l'on moud 400 à 450 kilogrammes de blé par heure.

On emploie souvent les moulins à vent pour élever l'eau, surtout pour les besoins de l'agriculture, pour les irrigations. Dans ce cas ce n'est pas le moulin hollandais, qui ne peut fonctionner que trois à quatre mois au plus par an qu'il convient d'employer, mais bien l'ingénieux moulin inventé par M. Amédée Durand, et qui peut marcher les trois quarts de l'année avec une vitesse à peu près constante, quelle que soit la force du vent. Ce moulin, qui se trouve décrit avec détails et figures dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour 1830, page 153, est à ailes verticales ; son arbre horizontal porte une manivelle, qui donne le va-et-vient au piston d'une pompe ; la tige de ce piston descend dans l'axe d'un tuyau de fonte, qui peut tourner sur des collets quand le vent vient à changer ; car alors les ailes servent de girouette pour faire pirouetter le moulin, qui de lui-même vient se mettre au vent ; les ailes prennent le vent par derrière. Il ne faut pas de bâtiment pour porter cet appareil ; un simple mât dressé près du puits, et soutenu par des haubans, porte au sommet tout cet équipage, et pourtant tout est construit avec une solidité à l'épreuve des bourrasques.



1948.

Au lieu de voilures, les quatre ailes sont en tôle pleine ; mais chacune peut tourner sur la vergue en fonte qui la traverse et partage sa surface aux 2/5e de sa largeur. Un ressort à boudin la retient contre l'action du vent, qui tend à la faire tourner sur sa vergue en vertu des forces inégales exercées sur les deux par-

Digitized by Google

ties de sa surface, dont l'une excède l'autre de 1/5e ; cette action du vent est transmise à l'aile du moulin selon la loi voulue par son degré d'obliquité.

Quand le vent acquiert de l'impétuosité, la rotation des ailes s'accélère ; mais un poids placé au bout de l'aile, participant au mouvement, agit par sa force centrifuge, et contraint l'aile à s'obliquer sur sa vergue, de manière à ne présenter au vent que très peu de surface, et même sa tranche dans les bourrasques : ainsi ce moulin modère de lui-même sa course. Un frein qu'on manœuvre du sol sert à l'arrêter tout à fait quand on le juge nécessaire.

Enfin, il y a un compteur qui, tous les cent tours, verse une goutte d'huile sur les points de friction. Ainsi, cet ingénieux appareil semble un être organisé pour accomplir ses fonctions et se suffire à lui-même, soit pour se diriger au vent, soit pour modérer son mouvement, soit pour entretenir les pièces en état.

MOULINAGE DE LA SOIE. Voyez SOIE.

MOUTARDE. Plante dont la graine, broyée avec du vinaigre, le plus souvent aromatisé, forme un condiment semi-fluide très employé sur nos tables et dans nos cuisines, comme assaisonnement.

La graine de moutarde ordinaire, et surtout celle de moutarde blanche, sont très employées en médecine.

MOUTON (*mécanique*). Voyez CHOC.

MOUTON A VAPEUR. Voyez MARTEAU A VAPEUR.

MOUTURE. Voyez MOULIN A BLÉ.

MOUVEMENT (*Transformations de*). Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

MUSCADE (*angl.* mutmeg, *all.* muskatnuss). La muscade ou noix de muscade est le fruit d'un arbre de la famille des laurinées, le *myristica moschata,* qui croît dans les îles Moluques, et donne trois récoltes par an. On l'emploie surtout comme assaisonnement. On donne le nom de *macis* à la pellicule charnue qui environne la muscade. Le macis est encore plus aromatique que la muscade. On retire de l'un et de l'autre une huile grasse ayant la consistance du beurre, l'*huile de macis,* et une huile volatile.

MUTAGE. Le mutage est une opération qui a pour but de prévenir la fermentation des matières sucrées, ou d'arrêter ses progrès dans des liqueurs déjà plus ou moins vineuses.

Les substances qui servent au mutage sont l'acide sulfureux et les sulfites alcalins ou terreux. Tantôt on verse une dissolution de ces derniers dans les liquides qu'il s'agit de conserver, tantôt on fait brûler des mèches soufrées dans l'intérieur des futailles, que l'on imprègne ainsi d'acide sulfureux. La substitution des sulfites acides de chaux ou de soude aux mèches soufrées est d'autant plus convenable que souvent la combustion de ces dernières n'a pas lieu, en raison de l'acide carbonique dont les futailles sont remplies.

MYRICINE. Partie de la cire des abeilles insoluble dans l'alcool, et qui en forme les 30 à 40 pour 100.

MYRRHE La myrrhe est une gomme résine qui se présente en larmes de différentes grosseurs ; elles sont d'un brun rougeâtre, à demi-transparentes, fragiles, d'une cassure brillante, paraissent onctueuses sous le pilon ; leur goût est âcre et amer et leur odeur forte, mais non désagréable. La myrrhe vient des incisions d'un arbre qui n'est pas bien connu, et qui croît dans l'Arabie et l'Abyssinie ; on a pensé que c'était une espèce d'*amyris* ou *mimosa.* Elle n'est employée que dans la médecine.

N

NACRE DE PERLES. Substance secrétée dans l'intérieur des coquilles de certains mollusques, et qui même se réunit en grains qu'on nomme PERLES. Elle est fournie par une espèce d'huître, l'*avicula margaritifera* ou *mytilus maragaritiferus,* que l'on pêche principalement à Ceylan, dans le golfe Persique, près Ormus, au cap Comarin, et dans les mers de l'Océanie. La coquille est assez régulière, brune et très écailleuse en dehors : ce sont des plongeurs qui vont recueillir ces coquilles au fond de la mer. On les envoie en Europe après les avoir sciées et débarrassées des parties qui sont privées de nacre.

La nacre est très dure et très difficile à travailler. On la taille à l'aide de petites scies, de limes fines et d'acide sulfurique affaibli ; on la polit à l'émeri, et on termine avec le colcothar.

On importe annuellement en France environ 400,000 k de nacre, ayant une valeur de un million de francs.

NAPHTE. Liquide incolore, d'une odeur bitumineuse, presque sans saveur, soluble en toutes proportions dans l'alcool absolu et dans l'éther, insoluble dans l'eau et d'une densité = 0,753. Il bout à 85°. C'est un carbure d'hydrogène très inflammable. Le naphte dissout en toutes proportions les huiles fines et les huiles essentielles. Il dissout aussi, mais en moindre quantité, le soufre, le phosphore, l'iode, la gomme laque et le copal ; il est employé pour conserver le potassium et les autres métaux très oxydables ; il sert quelquefois pour l'éclairage et la préparation de certains vernis.

Le naphte est un produit naturel qu'on trouve dans un assez grand nombre de pays. Au moment où il sort de terre, il n'est jamais pur : on l'obtient à cet état par plusieurs rectifications successives.

NATRON. Voyez SOUDE.

NAVIGATION. Le vent et la vapeur sont les deux moteurs employés pour la navigation.

Les voiles des bâtiments, par leur forme et le mécanisme qui les lie à la mature, peuvent recevoir le vent, quand bien même sa direction et celle de la route du navire font un angle aigu, qui varie suivant la construction plus ou moins bonne du bâtiment, mais qui ne doit jamais être plus petit que 60 à 70 degrés.

L'action du vent sur les voiles est représentée par deux forces, dont l'une agit perpendiculairement à la surface de la voile, et l'autre dans le plan de la voile. Lorsque les voiles font un angle droit avec la direction du bâtiment, la force qui agit perpendiculairement à leur surface tend en entier à faire glisser le bâtiment à la surface de la mer. Lorsque les voiles ne sont pas perpendiculaires à la quille du bâtiment, la force du vent normale à la voile donne deux forces composantes, dont l'une est parallèle, et l'autre perpendiculaire à la quille du bâtiment. Or, plus la direction des voiles se rapproche de celle de la quille, plus la force agissant perpendiculairement à la surface de la quille est grande.

A mesure que le vent se rapproche par sa direction de devenir directement opposé à celle de la route du navire, on est obligé de donner aux voiles une inclinaison de plus en plus grande par rapport à la quille, et alors la force qui tend à entraîner le vaisseau par le

Digitized by Google

travers devient de plus en plus grande, tandis que celle qui tend à le faire marcher dans le sens de la quille devient de plus en plus petite.

De ces deux forces combinant leurs efforts, il résulte que le vaisseau ne suit pas toujours la direction dans laquelle se trouve la quille, mais bien une direction intermédiaire. L'angle que fait la route réelle suivie par le vaisseau avec la quille s'appelle *dérive*.

Pour apprécier la dérive, on mesure l'angle que fait la quille du bâtiment avec le *sillage*. Le sillage est toujours facile à reconnaître au remous imprimé à la surface des eaux par le passage du bâtiment. Toutefois cette appréciation n'a lieu, en général, que d'une manière approchée.

La direction de la quille du navire est donnée par la boussole; l'aiguille aimantée se dirige rarement dans le méridien; l'angle qu'elle fait avec la ligne nord et sud s'appelle, dans le langage des marins, *variation*. La variation n'est point constante; elle varie sur les différents lieux du globe; il n'est même pas possible d'en faire des tables fixes accusant sa valeur pour chaque point défini par la longitude et la latitude; car, dans un même lieu, elle varie d'une année à l'autre, et suivant des lois à peu près inconnues. Mais les marins ont toujours possibilité de la calculer par des observations faites sur les astres, et le calcul de la variation est, comme celui de la latitude et de la longitude, essentiel à la direction du bâtiment.

La distance parcourue par le bâtiment à la surface de la mer s'estime au moyen du loch; cet instrument grossier consiste dans un secteur en bois lesté avec du plomb, de manière à ce qu'il reste constamment perpendiculaire à la surface des eaux dans lesquelles il plonge presque en entier. A cette planche triangulaire se trouve fixée une corde divisée, de distance en distance, en nœuds et dixièmes de nœuds : le nœud comporte un espace de 15 mètres. Lorsque l'on veut estimer la distance, on jette à la mer le loch qui reste stationnaire à la surface de l'eau, et la ligne à laquelle il se trouve lié se déroule proportionnellement à la vitesse du bâtiment. Si on compte le nombre de nœuds qui passent dans la main de l'observateur pendant l'espace d'une demi-minute, on aura l'espace parcouru par le navire pendant ce laps de temps; et, en supposant la vitesse du navire uniforme pendant une heure, il suffira de multiplier ce résultat par 120 pour connaître l'espace parcouru pendant cet intervalle. Il résulte des longueurs relatives du nœud et du mille, que, toutes les fois qu'un bâtiment parcourt un certain nombre de nœuds dans la demi-minute, il parcourt le même nombre de milles dans une heure. Dire qu'un navire file six nœuds signifie qu'il parcourt six milles à l'heure, pourvu toutefois qu'il conserve toujours la même vitesse.

Le loch, tel qu'il est encore généralement employé, est loin de toujours assurer la route avec exactitude; en outre, il exige constamment le travail de deux personnes pour l'observer. Il serait temps que la marine employât des instruments destinés à atteindre le même but, et qui fussent plus parfaits. Les Anglais ont adopté, depuis quelque temps, à bord de plusieurs de leurs navires, un loch dit *patent log*, qui fait connaître à chaque instant le nombre de nœuds parcourus pendant un espace de temps déterminé.

La pièce principale de ce loch est un cylindre autour duquel s'enroule une surface héliçoïdale. A l'une des extrémités du cylindre, on attache une corde; cette corde sert à mettre en communication le loch avec un système d'aiguilles qui se meuvent sur des cadrans indicateurs.

Lorsqu'on jette le loch à la mer, il tend par son poids à aller au fond; mais, grâce à la vitesse du navire, il est fortement tiré par la corde à laquelle il se trouve lié, et qui imprime la même vitesse que celle du navire. Alors, obéissant à ce mouvement de traction qui ne s'exerce que sur une de ces extrémités, le cylindre se maintient dans une position à peu près horizontale, et la surface héliçoïdale, en venant frapper l'eau, lui imprime un mouvement de rotation d'autant plus rapide que la vitesse du bâtiment est plus grande. Ce mouvement de rotation se communique par la torsion de la corde aux aiguilles, dont tous les mouvements sont indiqués par des cadrans gradués.

Le loch de M. Clément, qui se trouve actuellement en expérimentation sur plusieurs bâtiments de la flotte française, conduit aux mêmes résultats, bien qu'il soit fondé sur un principe différent. Il consiste dans une boule fixée dans la partie plongeante du bâtiment. Suivant que le navire atteindra une vitesse plus ou moins grande, cette boule éprouvera, de la part de l'eau qu'elle sera obligée de heurter sur son passage, une résistance plus ou moins grande. Au moyen d'un mécanisme fort ingénieux, la pression que supporte cette boule se trouve aussi indiquée par des aiguilles qui se meuvent sur des cadrans, et qui accusent à chaque instant, comme le *patent log*, non seulement la vitesse du bâtiment pour un instant quelconque, mais encore le nombre de milles parcourus dans un intervalle de temps défini.

Lorsque l'on connaît la direction suivie par le navire depuis le lieu de départ, et le nombre de milles qu'il a parcourus, on peut toujours apprécier sa position sur le globe. Toutefois les moyens que nous venons de décrire ne sauraient tenir compte de l'action des courants, qui agissent à la surface des mers dans tous les sens; en outre, on conçoit qu'il doit bien souvent se glisser des erreurs graves dans une estimation faite avec des moyens si peu précis. Aussi, en général, les navigateurs sont obligés d'interroger les astres, pour connaître leur position avec exactitude, toutes les fois qu'ils le peuvent. (Voyez LONGITUDE et LATITUDE.)

Au moyen de la longitude et de la latitude, le navigateur peut toujours connaître le point où il se trouve; l'estime, faite au moyen du loch et de la boussole, lui indique l'action du courant; il ne lui reste donc plus à connaître que la direction de la route qu'il doit tenir pour arriver sûrement au but qu'il veut atteindre.

Le plus court chemin d'un point à un autre sur la sphère est l'arc de grand cercle passant par ces deux points; mais tout arc de grand cercle, sauf l'équateur, fait avec chacun des méridiens des angles différents. Si un navire partant d'un point devait parcourir un arc de grand cercle, il faudrait à chaque instant rectifier sa direction, ce qui entraînerait des difficultés insurmontables. Or, sur une sphère, on peut toujours tracer d'un point à un autre une courbe à double courbure jouissant de la propriété de faire avec chaque méridien le même angle; cette courbe s'appelle *loxodromie*. C'est la courbe que suivrait un bâtiment, s'il courait toujours dans le même aire de vent, c'est-à-dire en faisant le même angle avec chacun des méridiens qu'il rencontre. Cette courbe affecte la forme d'une spirale, allant constamment, en se rapprochant, du point qu'il s'agit d'atteindre. Le calcul démontre que, pour deux points même suffisamment éloignés, la grandeur de l'arc loxodromique compris entre les deux méridiens passant par ces deux points diffère peu de l'arc de grand cercle passant par ces deux points; c'est toujours cet arc loxodromique que les navigateurs cherchent à faire parcourir aux bâtiments pour aller d'un point à un autre. Voici, en effet, le moyen employé pour trouver sa route lorsqu'on est à la mer.

On observe la longitude et la latitude, et ensuite on fait son point sur la carte (voyez HYDROGRAPHIE). On joint ensuite par une ligne droite le point que l'on vient de marquer sur la carte, et où se trouve le vais

Digitized by Google

seau, avec le point où l'on veut arriver. Cette ligne est la projection de la courbe loxodromique, et l'angle que cette droite fait avec la projection des méridiens est l'angle réel que la direction du vaisseau doit faire avec le méridien pour la parcourir. Or, l'on connaît la variation; l'on peut mesurer sur la carte l'angle loxodromique, et on en déduit la direction que la quille doit faire avec l'aiguille aimantée, c'est-à-dire le cap du navire.

Si, en effet, la variation ne changeait pas; si les courants et les écarts continus du navire, qu'il est toujours difficile de tenir exactement dans la même direction, ne tendaient pas à le faire sortir de la route qui lui est tracée, il arriverait directement très près du lieu que l'on veut atteindre en suivant la courbe loxodromique; mais, à cause de toutes ces erreurs, le navigateur doit toujours, à des intervalles assez rapprochés, observer sa longitude et latitude pour rectifier, ainsi que nous venons de le dire, la direction du bâtiment.

Enfin, souvent le vent s'oppose à ce que le bâtiment prenne la route directe; alors il est obligé de louvoyer. Dans ce cas, la route est toujours très difficile à estimer, à cause de la dérive qui est souvent considérable, et enfin parce que l'on ne peut apprécier d'une manière exacte non seulement tout ce que font perdre les variations du vent dans sa direction, mais encore le terrain perdu dans chaque évolution du vaisseau, lorsqu'il est obligé de virer de bord.

Les louvoyages ne sont, en effet, profitables qu'autant que les bords, c'est-à-dire les distances parcourues en zig-zag perpendiculairement à la direction du vent, sont d'une bonne grandeur. Un bâtiment est toujours en danger lorsque, surpris près des terres, il se trouve exposé à un vent violent qui le pousse à la côte. Par les mauvais temps, en effet, la solidité de la mâture ne permet que rarement d'établir beaucoup de voiles. Alors le vent, agissant avec toute sa force sur la masse du bâtiment, donne lieu à de fortes dérives faiblement compensées déjà par ce que l'on peut gagner par le louvoyage; et lorsque, en outre, les contours de la côte forcent le bâtiment à changer souvent d'allure en virant de bord, à chaque évolution il se trouve entraîné dans la direction du danger. Bientôt il ne lui restera d'autres ressources que celles de mouiller les ancres, qui soutiendront difficilement les efforts puissants d'un bâtiment ballotté à chaque instant par la grosse mer. Cette ressource extrême ne lui est même pas toujours accordée; car il peut arriver que, très près du danger, le fond soit trop profond pour permettre de l'atteindre avec une ancre.

NICKEL. Le nickel est un métal découvert, en 1751, par Cronstedt; il a beaucoup d'analogie avec le cobalt, et se trouve presque toujours dans les mêmes minerais. En réduisant l'oxyde du nickel par le charbon à une très haute température, on obtient le métal sous la forme d'un culot compacte et fondu, qui est allié à une faible quantité de carbone. Dans cet état, il est d'un blanc-gris, à peu près comme le platine, à cassure crochue. En le travaillant avec précaution à chaud, on peut le forger et le réduire en lames; il prend alors la structure fibreuse. Il a à peu près la dureté du fer, se polit aisément, et acquiert alors beaucoup d'éclat. Fondu, sa densité = 8,402; et par l'écrouissage, elle s'élève à 8,882.

Le nickel ne s'oxyde pas à l'air à la température ordinaire. Chauffé au rouge, il s'oxyde lentement à l'air, et décompose la vapeur d'eau, mais moins rapidement que le fer. Les acides minéraux le dissolvent aisément. Il précipite de leurs dissolutions l'argent, le cuivre, etc., et se combine directement avec le chlore, le soufre, le sélénium, le phosphore et l'arsenic.

Le nickel s'allie très bien avec le fer, le cobalt, le cuivre, l'antimoine, le zinc, l'étain, etc. On le trouve allié avec le fer dans les aérolithes. Parmi ces alliages, ceux qu'il forme avec le zinc et le cuivre, et qui portent le nom d'*argentan*, *packfong* ou *maillechort*, sont très employés dans les arts; ce qui nous engage à indiquer les proportions des principaux alliages de cette nature que l'on fabrique en Angleterre. (Voir notre note, *Annales des Mines* pour 1844, t. VI, p. 501). Ce sont :

1° *Argentan ordinaire.* Cuivre, 8 p.; nickel, 2 p.; zinc, 3 p. 1/2. Cette composition donne l'argentan de qualité inférieure, qui a souvent une teinte jaunâtre; on l'emploie pour la fabrication des fils et autres articles communs. Si l'on diminue encore la proportion de nickel, l'alliage obtenu ne vaut guère mieux que du laiton peu coloré, et se ternit aisément à l'air.

2° *Argentan blanc.* Cuivre, 8 p.; nickel, 3 p.; zinc, 3 p. 1/2. Cette belle composition imite l'argent à 750 millièmes et est très employée.

3° *Electrum.* Cuivre, 8 p.; nickel, 4 p.; zinc, 3 p. 1/2. Cette composition mérite la préférence sur toutes les autres; elle a la teinte de l'argent bruni, et se ternit beaucoup moins à l'air.

4° Cuivre, 8 p.; nickel, 6 p.; zinc, 3 p. 1/2. C'est la composition la plus riche en nickel qui puisse être travaillée à froid. Elle ne laisse rien à désirer sous le rapport de la beauté et de l'éclat, mais elle est difficile à fondre, et présente quelques difficultés dans son élaboration.

5° *Tutenag.* Cuivre, 8 parties; nickel, 3 p.; zinc, 5 p. 1/2. C'est à très peu près la composition d'une qualité ordinaire de packfong, que l'on tirait autrefois de la Chine. Cet alliage est très dur et assez difficile à laminer; il convient surtout pour la fabrication d'objets moulés.

6° *Soudure pour l'argentan.* Argentan n° 1, 5 parties; zinc, 4 p. On coule cet alliage en plaques minces que l'on pulvérise ensuite; il est difficile à réduire en poudre, et ses fragments offrent une texture matte et quelque peu fibreuse. Ils deviennent aigres et brillants par un excès de zinc, et ductiles par défaut de ce métal.

On fond ces alliages dans des petits creusets fermés, en les recouvrant d'un mélange de houille pilée et de suif, et on les coule dans des lingotières en metal, légèrement échauffées et flambées à la lampe.

Oxydes de nickel. Les oxydes de nickel sont très facilement réduits par l'hydrogène, le carbone, le soufre, le phosphore et l'arsenic.

Le *protoxyde* est d'un beau vert tirant quelquefois sur le vert-olive, infusible. Lorsqu'on le chauffe au rouge, au contact de l'air, il se change en protoxyde. Il se dissout aisément dans les acides minéraux. Il se compose de :

Nickel.	0,7871	NiO.
Oxygène.	0,2129	

On le prépare en calcinant le nitrate au blanc.

Son hydrate est d'un très beau vert-pomme pâle, gélatineux et très léger. Il est soluble dans l'ammoniaque en donnant une dissolution d'un bleu-verdâtre.

Le *peroxyde* est noir ainsi que son hydrate; on l'obtient en grillant l'oxyde ou le nitrate au rouge. La chaleur blanche le ramène à l'état de protoxyde. Les acides et l'ammoniaque le dissolvent, en lui faisant subir la même réduction. Il renferme :

Nickel.	0,7114	Ni^2O^3.
Oxygène.	0,2886	

On obtient son hydrate en précipitant une dissolution de nickel par un hypochlorite alcalin.

Sels de nickel.

Tous les sels de nickel sont à base de protoxyde Ceux qui sont solubles sont d'un très beau vert. Les sels

Digitized by Google

insolubles qui contiennent de l'eau de cristallisation sont de la même couleur, mais les sels anhydres sont jaunes ou fauves. Les alcalis les précipitent en vert-pomme; leurs carbonates, en blanc verdâtre. L'ammoniaque caustique et carbonatée, en excès, redissolvent les précipités de nickel, en se colorant en bleu-verdâtre. Les phosphates et arséniates alcalins, les précipitent en vert pâle; le prussiate jaune, en blanc laiteux verdâtre, le prussiate rouge, en jaune-verdâtre; et les hydrosulfates, en noir. Lorsque ces dissolutions sont suffisamment acides, elles ne sont point troublées par l'hydrogène sulfuré.

Les sels de nickel ont une grande tendance à se combiner avec les sels alcalins, et particulièrement avec les sels ammoniacaux. Les sels doubles ainsi formés sont tous verts.

Les principaux sels de nickel sont les suivants :

Le *sulfure* correspondant au protoxyde, que l'on obtient par voie sèche en traitant du nickel ou son oxyde par un persulfure alcalin, est d'un jaune bronzé métallique, cassant, non magnétique. Sa densité = 5,76; il fond au blanc, et s'attaque par l'acide nitrique. Il se compose de :

Nickel.	0,646	Ni S.
Soufre.	0,354	

L'*arséniure* $Ni^2 As$, qui se prépare en réduisant l'arséniate au creuset brasqué et qui renferme 0,611 de nickel : il est différent des arséniures que l'on trouve dans la nature.

Et l'*arséniate* d'un vert clair, qui renferme 0,39 de nickel.

Minerais.

Les minerais de nickel accompagnent presque toujours les minerais de cobalt, ce sont :

L'*oxyde* et le *sulfure*. Très rares.

Le *kupfernickel* qui est un arséniure de la formule Ni As, et dans lequel le nickel est presque toujours en partie remplacé par du cobalt et du fer : sans cela il en renfermerait 44 p. 100; c'est le minerai de nickel le plus abondant. Il est d'un gris-rougeâtre métallique approchant du rouge de cuivre, amorphe, à cassure conchoïdale ou unie, très fragile; les cassures fraîches se ternissent promptement à l'air. Il répand l'odeur d'ail par le choc du briquet. Sa densité = 7,3 à 7,6. Il est inattaquable par l'acide hydrochlorique et se dissout aisément dans l'acide nitrique.

Le *nickel arsenical* ou arséniure $Ni As^2$, renferme 0,29 de nickel, lorsque ce métal n'est pas en partie remplacé par du cobalt ou du fer. Il est d'un gris-blanc.

Le *nickel gris* se compose de 1 équivalent de bisulfure et de 1 équivalent d'arséniure ou d'antimoniure de nickel. Il est d'un gris-blanc métallique très éclatant.

L'*arséniate* est presque toujours adhérent au kupfernickel, et paraît provenir de sa décomposition spontanée.

Jusqu'ici le nickel ne s'extrait de ses minerais que par des procédés de laboratoire, ce qui explique son prix élevé. Comme les minerais sont presque toujours mélangés avec du minerai de cobalt, on les traite ordinairement d'abord pour cobalt; le nickel se concentre dans le *speiss* (voyez COBALT), et c'est ce dernier produit d'où l'on extrait le nickel. On traite aussi quelquefois directement le kupfernickel.

Un des procédés de traitement les plus simples consiste à fondre le speiss avec la moitié de son poids de carbonate de soude anhydre et autant de soufre. On concasse le culot obtenu, on le lave bien à l'eau chaude pour séparer les arsénio et antimonio-sulfures alcalins, puis on le traite à froid par l'acide sulfurique ou hydrochlorique un peu étendu, et on obtient un résidu de sulfure de nickel pur ou tout au plus mélangé de sulfure de cobalt, si le speiss renfermait encore de ce dernier métal. On grille ce sulfure complétement et on le réduit au creuset brasqué.

Nous ne doutons pas que l'on ne puisse préparer le nickel en grand par des procédés moins coûteux et analogues à ceux employés pour les autres métaux.

P. DEBETTE.

NITRATES (*angl.* nitrates, *all.* salpetersaüre salze). Les nitrates sont les sels formés par l'acide nitrique. Ils sont tous solubles dans l'eau, et fusent lorsqu'on les projette sur des charbons incandescents. Mêlés avec la limaille de cuivre et chauffés avec de l'acide sulfurique, ils donnent lieu à un dégagement de vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique. La chaleur les décompose tous en laissant pour résidu tantôt de l'oxyde pur, tantôt le métal à l'état de liberté.

Les principaux nitrates sont les suivants :

NITRATE D'ARGENT. Ce sel qui se prépare en dissolvant de l'argent fin dans de l'acide nitrique, se trouve dans le commerce tantôt à l'état cristallisé et hydraté, sous la forme de larges plaques rhomboïdales ou hexaèdres, qui sont plutôt translucides que transparentes, et incolores, tantôt à l'état anhydre fondu et coulé dans des lingotières sous la forme de cylindres d'un gris de perle : dans ce dernier cas, il porte le nom de *pierre infernale*. C'est le réactif le plus sûr que l'on puisse employer pour reconnaître dans un liquide la présence de l'acide hydrochlorique ou d'un chlorure; il sert à marquer le linge, et est très employé en médecine comme cautérisant.

NITRATES DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE. Ce sont ces sels qui se forment en majeure partie dans les nitrières artificielles, et que l'on convertit ensuite en nitrate de potasse en les traitant par des lessives de carbonate ou de sulfate de potasse.

NITRATES DE MERCURE. Voyez MERCURE.

NITRATE DE PLOMB. Voyez PLOMB.

NITRATE DE POTASSE, NITRE, SALPÊTRE. Ce sel est très employé pour la fabrication de la poudre à tirer, celle des acides sulfurique et nitrique, etc... Sa préparation et sa purification se trouvent indiquées à l'article POUDRE. A l'état de pureté, le nitrate de potasse cristallise en longs prismes à six faces, terminés par un pointement à six faces, mais qui sont rarement réguliers, transparents et le plus souvent agglomérés de manière à paraître cannelés ou striés. Sa saveur est fraîche, salée et piquante, et il excite fortement la sécrétion de la salive; il est très soluble dans l'eau, mais beaucoup plus à chaud qu'à froid. C'est un oxydant très énergique.

NITRATE DE SOUDE, NITRE CUBIQUE. Le nitrate de soude a été découvert, il y a quelques années, au Pérou, sous de l'argile, en couches d'une épaisseur variable, mais d'une étendue de plus de 500 kilomètres. On le substitue avec avantage au nitrate de potasse, par rapport à son prix moins élevé, dans plusieurs emplois, principalement dans la fabrication des acides sulfurique et nitrique. Il a une saveur fraîche, piquante et amère, et est très soluble dans l'eau. Il affecte la forme de prismes rhomboïdaux qui attirent l'humidité beaucoup plus rapidement que le nitrate de potasse, et qui sont par cela même beaucoup moins propres à la fabrication de la poudre.

ACIDE NITRIQUE, ACIDE AZOTIQUE (*angl.* nitric acid, *all.* salpetersaüre). La découverte de l'*acide nitrique* est due à Raymond de Lulle, l'un des plus célèbres alchimistes du moyen-âge : c'est en distillant un mélange de nitre et d'argile qu'il obtint ce nouveau corps qu'on désigna dans le principe sous les noms d'*acide du nitre* et d'*eau forte;* mais c'est Cavendish qui découvrit le premier la véritable nature de cet acide. Ce chimiste célèbre détermina même assez exactement les proportions de ses principes constituants.

L'acide nitrique est le plus oxygéné des oxydes de

Digitized by Google

l'azote ; son nom, qui lui a été donné par Lavoisier, est tiré de *nitre*, nom qu'on donnait anciennement au salpêtre ou nitrate de potasse ; mais comme son radical réel est l'*azote*, on doit l'appeler *acide azotique*, et c'est ainsi qu'on commence à le nommer généralement pour se conformer à la nomenclature actuelle.

M. Gay-Lussac, par des expériences faites avec le plus grand soin, a trouvé que l'acide nitrique était formé en volumes, de 100 d'*azote* et de 250 d'*oxygène*, ou bien :

1 équivalent d'azote. .	177,02, en centièmes.		26,15
5 équival. d'oxygène. .	500,00,	—	73,85
	677,02		100,00

Telle est la composition de l'acide sec, mais ce corps ne peut exister à cet état, à moins d'être combiné à certains oxydes, et le plus pur qu'on puisse obtenir renferme toujours près de 15 p. 100 d'eau ; la composition de cet hydrate est la suivante :

1 équivalent d'acide anhydre. . .	677,02	85,75
1 — d'eau — . . .	112,48	14,25
	789,50	100,00

Cet acide hydraté est une véritable combinaison d'acide sec et d'eau, il est liquide à la température ordinaire, blanc, possédant une odeur désagréable ; très avide d'eau, il fume à l'air, il désagrège fortement les matières organiques qu'il colore en jaune.

La pesanteur de cet acide est de 1,513 à 18° C., il bout à 86°, sous la pression de 0m,76 de mercure, et il se congèle en masse peu consistante vers 50° au-dessous de 0

Une température élevée, la lumière solaire et tous les corps avides d'oxygène le décomposent avec la plus grande facilité, et c'est à ses propriétés oxygénantes qu'il doit une grande partie de ses applications dans les laboratoires et dans les arts.

L'acide nitrique est miscible à l'eau en toutes proportions ; à mesure qu'une addition de ce liquide le rend plus faible, son point d'ébullition s'élève progressivement jusqu'à 120°.

Le tableau suivant donne le point d'ébullition de cet acide à divers degrés :

Densité.	*Point d'ébullition.*	*Nom de l'observateur.*
1,51	86°	Thénard.
1,50	99°	Dalton.
1,45	115°	—
1,42	120°	—
1,40	119°	—
1,35	117°	—
1,30	113°	—
1,20	108°	—
1,15	104°	—

Voici maintenant la table de la richesse du même acide à divers degrés de densité pour la température de 19° C. :

Densité.	*Acide sec p. 100 parties.*	*Nom de l'observateur.*
1,513	85,7	Calculée.
1,498	84,2	Thénard.
1,478	72,9	—
1,434	62,9	—
1,422	61,9	—
1,376	51,9	—

L'acide nitrique le plus concentré marque 51° à 52° Beaumé, il doit être conservé à l'abri de la lumière qui le colore en le décomposant partiellement.

L'acide concentré du commerce marque 36° B. seulement, car au lieu d'un équivalent d'eau il en renferme environ quatre.

La préparation de l'acide nitrique se faisait autrefois, en grand, à l'aide du procédé de Raymond de Lulle, c'est-à-dire en décomposant le salpêtre par l'argile : on employait des cornues en grès rangées dans des fourneaux de galère qui en contenaient huit à dix de chaque côté. Dans cette opération, il se faisait du silicate et de l'aluminate de potasse qui restaient dans la cornue, et de l'acide nitrique qui distillait et était reçu dans des récipients également en grès. Comme l'argile et le nitrate de potasse employés ne contenaient de l'eau qu'accidentellement, presque tout l'acide nitrique qui se dégageait se décomposait, et on peut dire que l'opération ne marchait bien que par exception. Aujourd'hui, la préparation de l'acide nitrique a lieu en traitant les nitrates de potasse ou de soude par l'acide sulfurique ; le dernier de ces sels donne, à poids égal, plus d'acide que le salpêtre ; mais le sulfate obtenu pour résidu a moins de valeur que le sulfate de potasse, aussi l'équilibre tend-il à s'établir dans les deux cas.

Le nitrate de potasse est composé :

D'un équivalent d'acide nitrique. .	677	1266,9
Et d'un équivalent de potasse. . .	589,9	

Le nitrate de soude renferme :

Un équivalent d'acide nitrique. . . .	677	1067
Un équivalent de soude.	390	

Ainsi, 1067 parties en poids de nitrate de soude contiennent la même quantité d'acide nitrique sec que 1267 parties de nitrate de potasse.

Pour un équivalent de ces nitrates on emploie deux équivalents d'acide sulfurique ; le résidu est formé de bi-sulfate potassique.

Si on emploie le nitrate de potasse, on prendra :

Un équivalent de nitrate de potasse. . .	1267	2944
Deux équivalents d'acide sulfurique. .	1227	
Quatre équivalents d'eau.	450	

Les quatre équivalents d'eau sont placés dans les vases où doit se condenser l'acide nitrique.

On obtient par la distillation :

Un équivalent d'acide nitrique sec.	677	1352	2944
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bisulfate de potasse.		1592	

Si on fait usage du nitrate de soude, on doit prendre :

Un équivalent de nitrate de soude. . .	1067	2744
Deux équival. d'acide sulfurique. . .	1227	
Quatre équival. d'eau.	550	

Le résultat sera :

Un équivalent d'acide nitrique. .	677	1352	2744
Six équival. d'eau.	675		
Un équival. de bi-sulfate de soude.		1392	

L'attaque du nitrate par l'acide sulfurique se fait dans des cylindres, en fonte grise, semblables en tout point à ceux employés pour la préparation de l'*acide* HYDROCHLORIQUE.

La condensation de l'acide a lieu dans des bonbonnes en grès contenant l'eau nécessaire, c'est-à-dire quatre équivalents pour un de nitrate, car l'acide qui distille n'en renferme que deux, et celui qu'il faut obtenir doit en renfermer six.

Dans le commencement de la distillation il se dégage des vapeurs rutilantes d'acide hypo-nitrique, car l'acide nitrique qui est mis en liberté ne trouve pas d'abord l'eau qui lui est nécessaire pour rester stable ; cette eau étant retenue énergiquement par l'acide sulfurique, mais aussitôt qu'il s'est formé du sulfate, l'eau mise en liberté s'unit à l'acide nitrique, qui va se condenser dans les bonbonnes, sous forme de vapeurs blanches. A la fin de l'opération, il y a aussi production de vapeurs rouges et cela pour la même cause : à cette époque encore, il ne se trouve plus assez d'eau pour empêcher l'acide nitrique de se décomposer.

On n'emploie, dans cette préparation, que de l'acide sulfurique concentré, car cet acide étendu détruirait très rapidement les cylindres ; il est vrai que dans ce dernier cas il empêcherait la production de vapeurs ru-

Digitized by Google

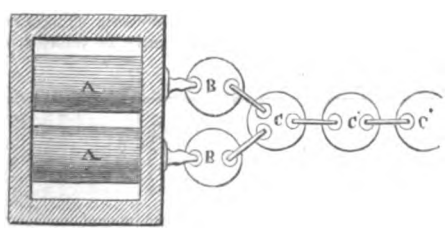
tilantes et par conséquent diminuerait la perte d'acide nitrique. Il est nécessaire d'employer deux équivalents d'acide sulfurique concentré au lieu d'un, parce que dans la réaction il se forme toujours un bi-sulfate, et jamais de sulfate neutre.

L'acide nitrique obtenu de cette manière n'est pas pur, il contient toujours de l'acide hypo-nitrique qui le colore en jaune, un peu d'acide sulfurique entraîné pendant la distillation, et du chlore provenant du sel marin contenu dans les nitrates employés.

Pour décolorer cet acide, on le fait bouillir dans des bonbonnes plongées dans un bain d'eau chauffé à 100°, et les vapeurs rutilantes, qui lui donnaient une teinte ambrée, se dégagent. Si cette opération se fait dans une fabrique d'acide sulfurique, on dirige les vapeurs nitreuses dans les chambres de plomb. Quand on veut avoir l'acide nitrique exempt de chlore et d'acide sulfurique, on y ajoute un peu de nitrate de plomb qui donne naissance à du chlorure et à du sulfate de plomb, puis on distille. C'est surtout dans la fabrication de l'acide sulfurique concentré que l'acide nitrique renfermant du chlore, est d'un emploi dangereux, car le vase de platine qui sert à la concentration est rapidement détruit par ce chlore; aussi, les fabricants d'acide sulfurique doivent-ils épurer le nitrate de soude ou de potasse qu'ils emploient pour faire leur acide nitrique, afin d'en séparer le chlorure de sodium qui s'y trouve toujours. Cette épuration doit se faire en soumettant le nitrate à des lavages méthodiques; en évaporant les eaux de lavage, le chlorure de sodium se précipite, on le sépare des eaux concentrées qui, par cristallisation, donnent ensuite du nitrate pur.

L'appareil producteur est, comme nous l'avons dit, complétement semblable à celui qui sert à fabriquer l'acide hydrochlorique; seulement, les allonges qui conduisent les gaz des cylindres dans les tonnes de lavage sont en verre, ce qui permet de suivre les différentes phases des opérations.

La disposition des bonbonnes de condensation est également changée, la fig. 1949 présente en plan cette disposition; on a supposé enlevée la voûte du fourneau qui recouvre les cylindres indiqués par les lettres A et A'. Comme on le voit, chaque four à son appareil de condensation et chaque cylindre son laveur. Les lettres



1949,

f et *f'*, indiquent les allonges en verre, celles B et B' les laveurs; les bonbonnes où se condensent les gaz lavés sont représentées par les lettres C, C', C'', etc.: elles communiquent entre elles par des tubes de verre ou de grès. Cette disposition exige, comme celle adoptée, généralement pour la condensation de l'acide hydrochlorique, un dérangement continuel quand l'eau de chaque bonbonne est saturée d'acide nitrique, aussi fait-on usage quelquefois de touries portant une tubulure inférieure à laquelle on fixe un robinet en verre ou en grès qui sert à prendre l'acide concentré pour en remplir les dames-jeannes d'emballage. Une tubulure supérieure additionnelle sert à remplacer l'acide soutiré par de l'eau pure.

L'emploi des condenseurs cylindriques dont on fait usage en Angleterre pourrait être avantageux si leurs prix n'était pas si élevé chez nous.

Nous terminerons en disant un mot des modifications apportées, par quelques industriels, dans l'appareil où se fait la décomposition du nitrate par l'acide sulfurique.

On a donné un foyer spécial à chaque cylindre; ces cylindres, dont les dimensions ont été augmentées, sont maintenant formés de deux demi-cylindres s'emboîtant l'un dans l'autre. La partie supérieure a été garnie d'une voûte intérieure en briques, pour empêcher les vapeurs d'acide nitrique de corroder la fonte, car c'est toujours par le haut que les cylindres ordinaires se trouvent attaqués; cette partie du cylindre ainsi protégée dure indéfiniment, et quand la partie inférieure est détruite on la remplace par un autre demi-cylindre.

La réunion des deux parties du cylindre se fait à emboîtement, et les joints sont garnis de plomb ou d'une poudre formée de verre et de borax, qui se fond pendant l'opération, sans que les gaz puissent s'échapper.

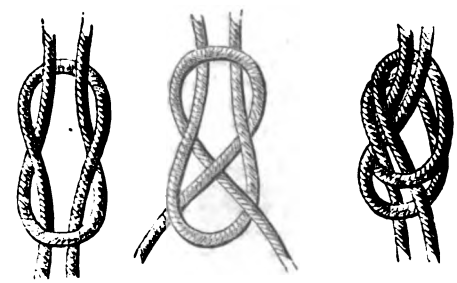
L'emploi de cylindres en fonte émaillés à l'intérieur, a été tenté, mais les essais n'ont pas réussi.

L'acide nitrique a des usages nombreux; on l'emploie pour la fabrication des acides sulfurique et oxalique, etc., on en fait usage pour la préparation des nitrates, pour l'essai des monnaies, le départ de l'or. La gravure sur cuivre, la formation du deutoxyde de mercure, celle de l'eau régale et la teinture en utilisent des quantités notables. F. CH. KNAB.

NIVEAU-NIVELLEMENT. Voy. LEVÉ DES PLANS.

NOEUD. La flexibilité des cordes permet de les réunir, soit entre elles, soit à des corps étrangers, au moyen de nœuds produits par l'entrelacement de leurs parties. Par leur moyen, l'effort, qui a lieu sur un brin, détermine sur les parties convenablement entrelacées un frottement croissant en même temps que cette pression, qui empêche le nœud de se défaire, et par suite la séparation. Dans les gros cordages, c'est moins le frottement que la roideur des cordes qui empêche le brin enroulé de se développer; c'est à multiplier cette action que tendent les dispositions adoptées, lorsque des efforts considérables sont en jeu.

Une description de la manière de faire les nœuds serait extrêmement difficile, de manière à ce qu'elle pût être de quelque utilité. Quelques figures feront beaucoup mieux comprendre les dispositions le plus fréquemment adoptées. Les nœuds 1950, 1951 et 1952,



1950. 1951. 1952.

servent à réunir les extrémités des deux cordes; les nœuds 1953 (nœud de marine) et 1954 servent à attacher les cordes à un anneau.

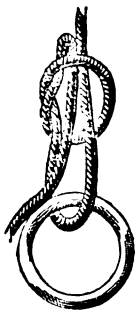
Une espèce de nœuds fréquemment employés est celle des *nœuds coulants*, qui jouissent de la propriété de se serrer de plus en plus, quoique l'effort exercé sur le

Digitized by Google

bout de la corde augmente. Les figures 1955, 1956, 1957 représentent plusieurs nœuds de ce genre.



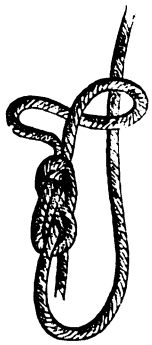
1953.



1954.



1955.



1956.



1957.

NOIR ANIMAL. Toutes les fois qu'on calcine, à l'abri du contact de l'air, une matière animale quelconque, on obtient pour résidu un *charbon animal*.

Parmi tous les charbons qu'on peut obtenir de cette manière, celui provenant de la calcination des os est le plus généralement employé.

Le noir d'os a deux applications principales :

1° Il sert à enlever à diverses solutions, particulièrement aux sirops, leur matière colorante ;

2° On en fait un grand usage en peinture (Voyez NOIR D'IVOIRE).

Le charbon animal qu'on rencontre dans le commerce ne présente pas toujours une composition identique, elle varie suivant que les os ont été plus ou moins calcinés.

M. Bussy a trouvé que le noir animal avait la composition moyenne suivante :

Charbon contenant 6 à 7 p. 100 d'azote. . .	10
Carbure et siliciure de fer.	2
Phosphate basique de chaux.	88
Carbonate de chaux.	
Phosphate et carbonate de magnésie. . .	
Sulfure de fer.	
Sulfure de calcium.	
Total.	100

Les trois derniers corps n'y entrent qu'en faible proportion. Quand le charbon a été trop fortement chauffé il ne renferme presque plus d'azote, alors il est devenu brillant et dense.

Le noir animal provenant des matières molles non terreuses est plus azoté ; il renferme quelquefois 77 p. 100 de carbone, le reste étant de l'azote à l'exception d'une légère proportion de sels.

La découverte des propriétés antiputrides et décolorantes des charbons en général, est due au chimiste russe Lowitz, Kels en 1798 et Scaub en 1800 continuèrent ses expériences et arrivèrent au même résultat.

La première application utile du charbon à la purification du sucre brut des colonies fut faite par Guillon, qui apporta sur nos marchés des quantités considérables de sirops décolorés par la poudre de charbon de bois, sirops qu'il vendit avec avantage, car ils étaient de beaucoup supérieurs aux cassonades de cette époque.

En 1811, M. Figuier de Montpellier reconnut que le charbon d'os possède un pouvoir décolorant très supérieur à celui du charbon végétal. Une année après, M. Charles Derosne proposa l'emploi du charbon animal pour la décoloration des sirops dans le raffinage du sucre où on faisait usage du charbon de bois. Cette substitution, dont l'utilité fut démontrée par MM. Payen et Pluvinet, fut généralement adoptée, car on obtint par son emploi 10 p. 100 de plus en sucre cristallisé, et les seconds sirops donnèrent des sucres d'une qualité supérieure à celle obtenue auparavant.

La quantité de noir animal employée aujourd'hui est considérable, car en moyenne il faut 1 kilogr. de noir pour 1 kilogr. de sucre sortant de la fabrique.

La société de pharmacie de Paris mit au concours, en 1821, une série de questions sur les qualités décolorantes du charbon et sur son genre d'action. Trois mémoires furent couronnés : ceux de MM. Bussy, Payen et Destosses. C'est aux travaux remarquables de ces savants qu'on doit la théorie de la décoloration ; ils établirent que :

1° Le charbon agit seul dans l'acte de la décoloration ;

2° L'action de ce corps est d'autant plus grande qu'il est plus divisé et offre plus de surface :

3° La division mécanique n'a pas d'influence sensible sur le pouvoir décolorant qui est uniquement relatif à la division chimique, ou à l'écartement des molécules ;

4° Quelle que soit leur origine, les *charbons brillants* décolorent mal, tandis que les *charbons ternes* ont une action décolorante très prononcée ;

5° Les matières salines en s'interposant entre les molécules de carbone, s'opposent à l'influence du calorique qui tend à les aggréger pendant la carbonisation, mais que du reste elles n'absorbent pas de matière colorante ;

6° La décoloration s'opère mieux avec un liquide neutre ou un peu acide, qu'avec un liquide alcalin ;

7° Les matières colorantes sont mieux enlevées à chaud qu'à froid ;

8° Le charbon agit en attirant à sa surface, sans les décomposer, les matières colorantes ;

9° Le rapport des pouvoirs décolorants change avec les liquides colorés, comme le prouve le tableau suivant, dû à M. Bussy :

ESPÈCES DE CHARBON.	Poids.	Indigo d'épreuve consommé.	Mélasse d'épreuve consommée.	Décoloration par l'indigo.	Décoloration par la mélasse.
	gr	litres			
Sang calciné avec potasse.	1	1,60	0,18	50	20
Id. avec craie.	1	0,57	0,10	18	11
Id. av. phosph. chaux.	1	0,38	0,09	12	10
Gélatine cal. av. potasse.	1	1,15	0,14	36	15,5
Empois cal. av. potasse.	1	0,34	0,08	10,6	8,8
Albumine cal. av. potas.	1	1,08	0,14	34	15,5
Charbon d'acétate de pot.	1	0,18	0,04	5.6	4,4
Id. de carbona. de soude					
par le phosphore. . .	1	0,38	0,08	12,0	8,8
Noir de lampe calciné. .	1	0,128	0,03	4	3,3
Id. avec potasse. . . .	1	0,55	0,09	15,2	10,6
Noir d'os traité par l'acide					
hydrochloriq. et la pot.	1	0,45	0,18	45,0	20
Id. par l'acide hydrochl.	1	0,06	0,015	1,87	1,6
Huile calcinée avec phos-					
phate de chaux. . . .	1	0,063	0,017	2	1,9
Noir d'os cru.	1	0,032	0,009	1	1,0

Digitized by Google

Quelques emplois du noir d'os ont fait présumer qu'il absorbait les matières odorantes avec plus de force que le charbon végétal. De nombreuses expériences tendent à prouver que le noir animal absorbe aussi les principes amers des extraits d'un grand nombre de plantes ; le noir végétal agit de même, mais plus faiblement.

Les gaz putrides et les autres produits de la putréfaction en solution dans les liquides sont absorbés très activement par le noir animal, de là l'emploi avantageux de ce corps pour purifier les citernes, les étangs, etc.

Différentes matières inorganiques en solution dans l'eau, comme la chaux, les sels de plomb solubles, le sulfate de protoxyde de fer, sont absorbées par le charbon animal, et même, d'après M. Girardin, tous les genres de sels, à peu d'exceptions près, sont attaqués par le noir animal qui absorbe les matières inorganiques même à froid, propriétés qui n'ont été reconnues au charbon végétal qu'à l'égard des sulfures alcalins.

La cause qui rend le charbon végétal moins efficace que le charbon animal provient de la vitrification de sa superficie.

Les charbons tirés des substances animales molles sont brillants, aussi ont-ils peu d'énergie. Différents schistes bitumineux, ceux de Menat et d'Ardes en particulier, ont une action décolorante marquée sur les sirops, mais plus faible toutefois que celle du noir d'os.

Les lignites et la plupart des houilles ne décolorent en aucune manière.

La fabrication du charbon animal a pris, depuis quelques années, une grande extension, car l'usage s'en est accru considérablement, aussi cherche-t-on non seulement à augmenter la production de cette matière, mais encore on fit de nombreux essais pour revivifier le noir qui avait déjà servi, c'est-à-dire pour lui rendre sa première force décolorante, très restreinte par la décoloration des sirops dont il est l'agent principal.

La fabrication du noir animal, c'est-à-dire la calcination des os, s'effectue à l'aide de deux systèmes d'appareils tout à fait distincts.

Dans le premier procédé, on calcine les os à l'abri du contact de l'air et on recueille les produits volatils qui se dégagent.

Dans le second procédé, au contraire, on brûle les gaz qui servent alors à élever la température des fours où s'opère la fabrication.

L'appareil employé dans le premier de ces deux procédés se compose de grands cylindres horizontaux en fonte, dans lesquels on introduit les os à calciner. Chacune de ces espèces de cornues est terminée par un tuyau de 0m,08 à 0m,10 de diamètre qui conduit les produits de la distillation dans un réfrigérant. (Voyez BLEU DE PRUSSE).

Les cylindres sont placés dans un fourneau et chauffés par un ou plusieurs foyers.

La marche de l'opération est des plus simples : après avoir concassé les os, on en retire la graisse en les chauffant dans une chaudière pleine d'eau, puis on les place dans les cornues de distillation qu'on ferme alors à l'aide d'obturateurs en fonte. Les joints sont garnis de terre grasse. On chauffe graduellement de manière à porter les appareils au rouge cerise, température qu'on maintient pendant trente-six heures, au bout desquelles on retire le charbon incandescent qui est reçu dans des étouffoirs où il se refroidit à l'abri du contact de l'air. Froid, on le porte au moulin qui doit opérer son broyage.

Les produits gazeux qui se dégagent des cornues se condensent dans des tuyaux nombreux autour desquels circule, en sens inverse, un courant d'eau froide qui s'échauffe graduellement et qui peut, une fois chaude, être employée au débouillissage des os. Les produits condensés servent à la préparation des sels ammoniacaux. Le noir obtenu par ce procédé dû à M. Payen, paraît décolorer les sirops moins énergiquement que celui préparé par le second procédé que nous allons décrire. En outre, la quantité considérable de combustible employée n'est pas toujours payée par les produits ammoniacaux obtenus.

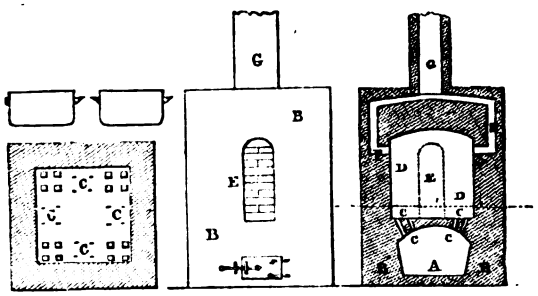
Dans la seconde méthode de préparation du noir animal, on renferme les os dans de grandes marmites en fonte que l'on renverse l'une sur l'autre, orifice contre orifice et qui sont lutées au moyen d'un peu d'argile. Chaque paire de marmites est portée dans un four solidement établi en briques réfractaires, où on les empile jusqu'à ce que tout l'espace soit rempli. On emploie avec avantage aujourd'hui des marmites qu'on place les unes sur les autres, et qui sont faites de telle manière que le fond de la marmite supérieure ferme hermétiquement l'ouverture de celle qui est au-dessous; cette modification en simplifie beaucoup le remplissage.

On élève lentement la température de l'appareil, les gaz qui s'échappent par les joints des marmites s'enflamment et par leur combustion augmentent la température de la masse en la maintenant toujours au même degré.

Quand toutes les marmites ont atteint le rouge-blanc, on arrête le feu et on laisse refroidir assez pour qu'on puisse décharger le four; les pots nettoyés de leur lut sec sont vidés de leur noir qu'on porte au moulin.

Les figures 1958, 1959 et 1960 représentent un four en usage pour la calcination des os : A, est le foyer qui sert à chauffer l'appareil; C, C, sont les ouvertures à travers lesquelles les produits de la combustion s'introduisent autour des marmites disposées dans la chambre voûtée D.

Une porte E sert à charger et décharger le four; pendant l'opération, cette porte est fermée avec des briques réfractaires et de l'argile.

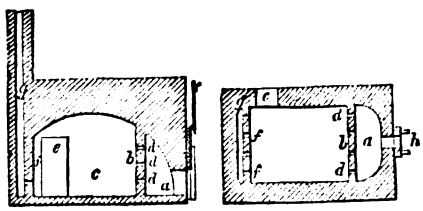


1958. 1959. 1960.

Les cheminées latérales F,F, conduisent les gaz produits pendant la calcination, dans une cheminée G. commune à plusieurs fours.

Un autre appareil analogue appelé *four à cul de poule* en raison de sa forme, est représenté fig. 1961 et 1962.

Le foyer *a* qui sert à chauffer cet appareil se trouve



1961. 1962.

de niveau avec le sol du four; un mur *b* sépare le foyer de la chambre *c* où sont entassés les pots; dans le mur

Digitized by Google

b sont percées douze ouvertures *d* qui distribuent uniformément la flamme dans l'espace *c*. La porte *e* sert au service du four; *f*, *f*, sont quatre ouvertures situées à la partie inférieure du fond de la chambre voûtée et destinées à l'évacuation des gaz. Cette disposition est indispensable pour que la chaleur se répande partout également, car la flamme tend toujours à s'élever au sommet de la chambre *c*, et, si on ne la forçait ainsi à descendre, les marmites inférieures ne seraient pas assez chauffées. Ordinairement on a deux fours contigus ayant une cheminée commune; pendant que l'un d'eux est en marche, l'autre se refroidit, puis on le vide pour le charger d'os frais.

Il est bon de remarquer que le défaut de continuité de ces appareils exige l'emploi d'une énorme quantité de combustible et un matériel considérable. De plus, l'air circulant dans le four renferme toujours assez d'oxygène pour produire un déchet notable, car les os calcinés à blanc sont livrés avec perte au fabricant de phosphore.

Ajoutons à cela que les marmites employées étant exposées directement au coup de feu, sont rapidement détruites, ce qui a donné l'idée de les enduire d'argile délayée. On avait même essayé de remplacer la fonte par de l'argile, mais les marmites de terre se fendillent pendant la calcination.

Enfin le plus grave inconvénient de ce procédé consiste dans les émanations infectes qui se dégagent des fabriques de noir animal, surtout au commencement des opérations.

Pour éviter ce désagrément on a construit, sur les indications de M. D'Arcet, des appareils qui brûlaient tous les gaz pyrogénés en introduisant de l'air en quantité suffisante pour une combustion totale; de plus la chaleur produite servait à chauffer la chaudière où se faisait l'extraction de la graisse des os.

Le broyage du noir animal s'opère, soit à l'aide de meules verticales tournant sur un plan horizontal, soit au moyen de meules horizontales comme celles employées dans la mouture des céréales. On fait également usage de cylindres cannelés en fonte pouvant se rapprocher ou s'écarter à volonté suivant la grosseur qu'on veut donner au noir animal; ce dernier appareil est le plus généralement employé. Le noir broyé est passé au blutoir pour séparer les grains de la folle farine et des parties mal broyées. Le noir en grains et en poudre est mis dans des sacs et expédié aux consommateurs.

Le noir en poudre ne peut servir qu'une fois au raffinage du sucre, après quoi il est utilisé comme engrais dans l'agriculture. Le noir en grains peut servir presque indéfiniment en subissant de temps en temps une revivification.

La revivification du charbon animal qui a servi s'opère de plusieurs manières : on emploie la fermentation, le lavage et, en dernier lieu, la calcination. Le noir mis en tas fermente rapidement, le sucre qu'il renferme se transforme en alcool, puis en vinaigre, qui dissout le carbonate de chaux contenu dans le noir, quelquefois même, surtout dans la fabrication du sucre indigène, la quantité de carbonate de chaux est assez grande pour nécessiter des lavages à l'acide hydrochlorique étendu, marquant 2° B, puis on lave quatre fois à l'eau pure, après quoi on calcine.

Si le noir ne renferme pas beaucoup de sels calcaires, on se contente de le laver à l'eau avant de le calciner; quelquefois même, pour une première et une deuxième revivification, on se contente de calciner directement.

La calcination du noir animal détruit les matières organiques qu'il contient; l'appareil qui réussit le mieux pour cette opération est celui de M. Derosne; il consiste en un cylindre en tôle tournant sur un axe et ayant 4 mètres de longueur sur 0m,60 de diamètre. Un homme imprime à cet appareil un mouvement de rotation très lent; le noir s'engage à l'aide d'un pas de vis le forçant à entrer par le côté le plus élevé du cylindre qui est incliné. Le noir parcourt toute la longueur de l'appareil qui est disposé sur un four ayant deux foyers; arrivé au tiers de sa course, le noir est desséché dans le reste du cylindre; il est porté au rouge sombre. On peut apprécier la température du noir à l'aide d'un bouchon de paille sur lequel on en fait tomber un peu; la paille doit seulement être roussie, mais non enflammée. Le noir en tombant est reçu dans un étouffoir. A l'aide de cet appareil la revivification de 100 kilogr. de noir revient à 1 franc, tandis que la fabrication d'une même quantité de noir neuf coûte 20 francs.

On a tenté aussi pour revivifier le noir, l'emploi d'un appareil nommé *culotte* en raison de sa forme; il est composé de neuf cylindres en fonte de 4 mètres de hauteur sur 0m,12 de diamètre, et bifurqués à leur partie inférieure; un seul foyer sert à chauffer ces neuf tubes contenus dans un même fourneau; chaque tube de la bifurcation de ces tuyaux se ferme par une tirette qu'on ouvre quand la calcination est assez avancée. Malheureusement les tuyaux en fonte s'usent rapidement, aussi a-t-on cherché à remplacer ce système par une espèce de haut-fourneau en briques de 5 mètres de hauteur sur 2 mètres de large et qui donne un noir bien revivifié. Dans tous ces appareils un même défaut existe, c'est celui de calciner à blanc une partie du noir.

Un procédé à l'abri de ce reproche est celui imaginé par MM. Thomas et Laurens; il consiste à soumettre le noir à l'action directe de la vapeur à 3 atmosphères, mais chauffée dans un serpentin en fer à une très haute température. La revivification qu'on produit à l'aide de ce procédé se fait parfaitement et ne donne aucun déchet. Malheureusement les appareils de ces messieurs sont sujets à des explosions, même quand on a eu soin de les garnir d'une soupape de sûreté, car si la vapeur est trop chauffée, l'eau peut se décomposer en présence du fer, et l'hydrogène arrivant dans l'appareil où se met le noir peut y former un mélange explosif qui, trop chauffé, s'enflamme en détruisant l'appareil.

La propriété décolorante des noirs s'essaie au moyen d'une dissolution de caramel; plus la décoloration est complète, plus le noir est décolorant. M. Payen a imaginé pour l'essai des noirs du commerce un appareil très ingénieux nommé décolorimètre (voyez SUCRE).

NOIR ANIMALISÉ. Voyez ENGRAIS.

NOIR DE FUMÉE. Le noir de fumée se prépare, dans les Landes, en brûlant des matières résineuses, dans une chambre de bois de sapin, tapissée de grosses toiles. On place ces matières dans des pots en terre ou des marmites en fonte; on y met le feu, et on tient la chambre fermée tant que dure la combustion. Cette combustion, qui est et doit être très imparfaite, produit une fumée épaisse qui, en passant à travers les toiles, dépose sur celles-ci le noir de fumée que l'on enlève de temps en temps. On le prépare aussi par la combustion incomplète des goudrons de bois et de houille.

NOIR D'IMPRESSION. On l'obtient dans la préparation du BLEU DE PRUSSE, par l'action des alcalis sur le sang, la corne, ou d'autres substances animales.

NOIR D'IVOIRE. Ce noir se prépare par la calcination des éclats d'ivoire. Les qualités inférieures sont obtenues avec des os de choix. On le broie à l'eau et on le réduit en pains que l'on fait sécher à l'étuve.

NOIR DE LAMPE. Ce noir s'obtient en brûlant des huiles dans des quinquets à becs simples que l'on place au-dessous d'une plaque de métal, laquelle se recouvre bientôt d'une couche assez épaisse d'un charbon

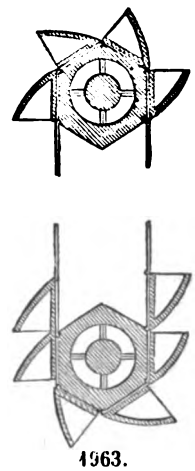
Digitized by Google

très divisé, d'un beau noir, que l'on détache aisément en frappant sur la plaque.

NOIR DE SCHISTE. Certains schistes, et en particulier celui de Menat, en Auvergne, donnent après la distillation un résidu qui jouit de propriétés décolorantes très marquées, et que l'on peut comparer avec celles du noir animal.

NOIX. Outre son emploi comme aliment, la noix donne une huile qui remplace celle d'olive dans l'ouest de la France. Convenablement préparée, cette huile est exclusivement employée en peinture dans la composition des couleurs fines, à raison de son épaisseur et de sa propriété siccative. Le brou de noix est employé pour la fabrication de liqueurs hygiéniques ; il renferme beaucoup de tannin et d'acide gallique, aussi est-il employé en teinture pour faire certains bruns, et les menuisiers et les ébénistes s'en servent souvent pour donner de la couleur aux bois blancs.

NORIA. La noria (fig. 1963) est une machine à élever l'eau, qui se compose d'une série de seaux ou vases attachés à une double chaîne sans fin qui s'enroule sur deux tambours. Un mécanisme quelconque, ordinairement un manége, transmet le mouvement au tambour supérieur, qui entraîne avec lui la double chaîne sans fin ; chacun des seaux se remplit successivement d'eau, qu'il déverse, au point culminant de l'appareil, dans un réservoir à ce destiné. Les norias sont verticales ou inclinées ; lorsqu'elles sont verticales, on supprime souvent le tambour inférieur. On emploie fré-



1963.

quemment les norias pour l'élévation de la farine dans les moulins à blé.

O

OBUS. Voyez PROJECTILES.

OCHRE ou OCRE. Argile colorée par de l'oxyde de fer (Voyez ARGILE).

OEUFS (*Conservation des*). La coque des œufs est assez poreuse pour laisser tamiser l'air qui, arrivant au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, en détermine l'altération au bout d'un temps assez court. Pour prévenir cette altération, on prend les œufs frais, et on les plonge à plusieurs reprises dans un baquet rempli d'eau de chaux ; la chaux s'infiltre alors dans les pores de la coque, arrive au contact de l'albumine ou blanc d'œuf, avec lequel elle forme un composé insoluble qui bouche hermétiquement les pores de la coque, et qui, en s'opposant à tout accès de l'air, prévient ainsi toute altération subséquente.

OLEATES. Voyez SAVONS.

OLÉINE. Voyez SAVONS.

ACIDE OLÉIQUE. Cet acide que l'on retire du suif, comme produit accessoire de la fabrication de l'acide stéarique (voyez STÉARIQUE), est liquide, incolore ou légèrement jaunâtre, presque insipide, insoluble dans l'eau, soluble, au contraire, en toutes proportions dans l'alcool ; sa densité = 0,898 à 16°. Il est employé surtout à la fabrication des savons mous à base de potasse. (Voyez SAVONS.)

OLÉOMÈTRE. Le prix toujours croissant des graines oléagineuses fait que souvent les huiles que l'on en retire, et surtout l'huile de colza, sont falsifiées. Le plus souvent on mélange ensemble diverses espèces d'huiles, d'autres fois, au contraire, on ajoute aux huiles de graine des huiles de poisson, de foie de morue, etc., etc.

Divers moyens ont été employés pour reconnaître ces fraudes. M. Laurot de Rouen a imaginé une espèce d'aréomètre qu'il nomme *oléomètre*, et qui sert à reconnaître si l'huile de colza est pure ou si elle a été mélangée. L'emploi de cet appareil repose sur cette propriété des huiles, qu'à la température de 100° elles sont loin d'avoir la même densité, et que les différences sont même très sensibles.

L'oléomètre se compose d'une burette en fer-blanc faisant fonction de bain-marie ; on y place un petit cylindre creux aussi en fer-blanc dans lequel on introduit l'huile à essayer. On met ensuite l'appareil sur le feu ; l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition, la chaleur se communique à l'huile qui ne peut prendre une température supérieure à 100°. Un petit aréomètre plonge dans le liquide et en indique la densité. Sa tige est partagée en parties égales. Il a 200 divisions au-dessus de 0 et 25 au-dessous ; enfin, un petit thermomètre indique quand l'huile est à 100°.

Comme nous l'avons dit plus haut, M. Laurot a reconnu que toutes les huiles n'ont pas la même densité à 100°, et que les différences sont très sensibles sur la tige de l'oléomètre.

Ainsi avec l'huile de colza		l'oléomètre s'arrête à	0°
—	de lin	—	210°
—	d'œillette	—	124°
—	de chènevis	—	136°
—	de poisson	—	83°

M. Laurot a construit des tables sur lesquelles sont indiquées les degrés que doit marquer l'oléomètre quand il y a 5, 10 ou 15 p. 100 d'huile de poisson, ou d'une autre, mélangée avec l'huile de colza.

L'oléomètre plongé dans l'acide oléique s'arrête à 25° au-dessous de 0 ; il s'y enfonce donc plus que dans l'huile de colza. Par conséquent, en mettant de l'acide oléique dans de l'huile de colza, on pourrait y introduire d'autres huiles plus communes et plus denses, donnant un mélange dans lequel l'oléomètre s'arrêterait à 0°. M. Girardin a reconnu qu'avec l'*acide oléique* on pourrait frauder l'huile de colza de 30 à 40 p. 100 d'huile de lin ou d'œillette. Mais on reconnaît facilement l'acide oléique aux caractères suivants : 1° son odeur ; 2° avec le papier de tournesol bleu qui se trouve rougi ; 3° en-

Digitized by Google

fin au moyen de l'alcool qui dissout l'acide oléique.

Ainsi donc pour essayer une huile de colza, on s'assurera d'abord qu'elle ne contient pas d'acide oléique, puis on opérera comme nous l'avons dit précédemment.

Pour de plus amples détails nous renverrons aux mémoires de l'Académie de Rouen, où se trouve un rapport remarquable de M. Girardin sur l'instrument de M. Laurot, qui, suivant ce chimiste, est excellent pour reconnaître s'il y a mélange, mais qui n'indique pas la nature des huiles qui se trouvent mélangées avec l'huile de colza.

Avant M. Laurot, M. Herdenreck avait indiqué le moyen suivant pour reconnaître si les huiles étaient falsifiées :

1° On met environ 1 gramme d'huile dans une petite capsule de porcelaine et on chauffe à la lampe à alcool ; l'odeur qui se développe rappelle celle de la plante d'où elle provient ;

2° Dans un verre à pied on verse 12 à 15 gouttes d'huile, et au milieu on fait tomber une goutte d'acide sulfurique à 66°. Avec les huiles de colza et de navette, il se forme peu à peu une auréole bleue verdâtre à une certaine distance de la goutte d'acide, tandis que vers le centre, là où la réaction est la plus intense, il s'élève quelques stries brunes.

Avec les huiles de baleine et de morue, on commence à remarquer un mouvement particulier qui va du centre à la circonférence, et en même temps il se manifeste une coloration de plus en plus rouge.

M. Penot de Mulhouse a répété les expériences de M. Herdenreck, et les résultats qu'il a obtenus sont à peu près identiques. Ils se trouvent consignés dans les Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse.

Nous donnons ci-dessous un tableau renfermant le rendement en huiles et en tourteaux des diverses graines oléagineuses. Ce tableau devait se trouver à l'article HUILES, le compositeur l'ayant oublié, nous croyons convenable de le donner ici :

NOMS DES GRAINES OLÉAGINEUSES.	Poids de l'hectolitre de graine.	Produit en litres d'un hectol. de graine.	Produit en tourteaux d'un hect. de graine.	Nombre d'hectol. de graine pour un h. d'huile.	Pesanteur spécifique de l'huile à 15° c.	Température à laquelle l'huile se congèle.
	kilogr.	litres.	kilogr.			
Colza d'hiver (*brassica campestris*).	56 à 70	25 à 38	37	3,50	0,9136	6°
Id. d'été *Id.*	54 à 65	21 à 25	37	4 à 4,50	0,9136	6°
Navette (*brassica rapa et napis*). . .	55 à 68	23 à 26	40 à 42	4 à 4,75	0,9128	3°75
Caméline (*miagrum sativum*). . . .	53 à 60	20 à 24	42,4	4,50	0,9252	18°
Madia sativa.	40 à 50	12 à 15	35,9	8,20	»	»
OEillette (*papaver somniferum*). . .	54 à 62	22 à 25	62	4,55	0,9249	18°
Faine (*fagus sativa*).	42 à 50	12 à 15	»	10	0,9225	17°50
Chenevis (*canabis sativa*).	38 à 47	11 à 13	40	9,20	0,9276	27°50
Lin.	67	10 à 12	48	10	0,9395	27°50
Noix (*juglas regia*)	par 100 k.	46 à 50	»	»	0,9283	27°50
Amandes *amygdalus communis*. .	par 100 k.	44 à 48	»	»	0,917 à 0,920	10°
Olives.	par 100 k.	10 à 12	»	»	0,9192 (à 12° c.)	4° ou 5°

OLIVES. Voyez HUILE.

OOLITE. Voyez CALCAIRE et GÉOLOGIE.

OPIUM. L'opium est un suc épaissi que l'on retire du pavot blanc, *papaver somniferum album*, plante principalement cultivée dans tout l'Orient, l'Inde, etc. Le mode d'extraction de l'opium n'est pas bien connu. D'après des voyageurs dignes de foi, l'opium dont on fait le plus de cas chez les Orientaux, est celui qu'on obtient par incision des capsules mêmes du pavot. On les exploite alors un peu avant qu'elles jaunissent, en y pratiquant des incisions peu profondes, d'où l'on voit découler un suc laiteux et épais, d'une odeur vireuse et d'une saveur amère, qui se colore et acquiert de plus en plus de consistance par son contact avec l'air, et qui, après dix à douze heures, est entièrement solidifié. On enlève cette première récolte, et l'on procède à de nouvelles incisions jusqu'à ce qu'on ait épuisé toute la périphérie des capsules; on obtient ainsi la première qualité d'opium. Aussitôt que l'exploitation des capsules est terminée, on récolte les tiges, on les pile avec les capsules, et l'on en extrait le suc, qu'on met à part, puis on délaie le marc dans une certaine quantité d'eau et on en fait une décoction, qu'on passe au travers d'un tissu serré et qu'on évapore ensuite avec ménagement. Lorsque la décoction est réduite au tiers environ, on y ajoute le suc obtenu par expression, et l'on fait évaporer de nouveau jusqu'à ce qu'on ait atteint la consistance d'extrait, et c'est alors seulement qu'on y incorpore une certaine quantité de l'extrait naturel qui provient des incisions des capsules, afin de lui donner cette odeur vireuse qui forme un des caractères essentiels du bon opium. On forme avec l'extrait ainsi préparé de petites masses arrondies, qu'on saupoudre avec des feuilles de pavot grossièrement pilées, ou avec des débris de quelques autres végétaux, et principalement des semences de rumex, dont on incorpore même quelquefois une assez grande quantité dans la masse; enfin, on achève la dessiccation de cet extrait au soleil.

On doit choisir l'opium en petites masses bien sèches, d'une cassure nette et homogène, d'une couleur brune rougeâtre et d'une odeur vireuse sans mélange d'empyreume. Lorsqu'il est de bonne qualité, il se ramollit facilement en le pressant entre les doigts ; il est susceptible de s'enflammer par l'approche d'une lumière. Pour s'assurer de sa qualité, il convient toujours de déterminer, par expérience, la proportion de matières solubles qu'il renferme.

On trouve principalement dans le commerce trois sortes d'opium : l'opium de Smyrne, l'opium d'Égypte et l'opium de Constantinople. L'Inde fournit une très grande quantité d'opium qui est consommée dans le pays, en Chine, etc. L'opium de Smyrne, qui est le plus estimé, se trouve en masses presque toujours déformées et aplaties, et recouvertes de semences de rumex ; il est mou et d'un brun clair, mais il noircit et se durcit à l'air. Il a une odeur forte, vireuse ; sa saveur est âcre et suivie d'amertume. L'opium d'Égypte est en pains orbiculaires aplatis, larges de 7 à 8 centimètres ; ces pains sont réguliers, très nets à l'extérieur. Ils ont une couleur rousse permanente, une odeur moins forte que l'opium de Smyrne, et se ramollissent à l'air au lieu de sécher, ce qui leur donne un extérieur luisant et un peu poisseux sous les doigts. L'opium de Constantinople forme deux sortes : l'une, en pains volumineux analogues à l'opium de Smyrne ; l'autre, analogue à l'opium d'Égypte, en petits pains aplatis assez réguliers, de 5 à 6 centimètres de diamètre, toujours recouverts d'une feuille de pavot dont la nervure médiane partage le pain en deux parties.

L'opium est très employé en médecine comme cal-

Digitized by Google

mant, et il forme la base fondamentale de tous les remèdes anti-spasmodiques. On en importe annuellement en France 10.000 kilogr. au prix moyen de 30 à 32 fr. le kilogr.

L'opium a une composition très complexe. Il renferme plusieurs bases alcalines végétales, la morphine, la narcotine, la codéine, etc., qui y sont saturées par l'acide méconique. Lorsqu'on fait bouillir avec de la magnésie son infusion, qui est fortement colorée en brun, il se forme du méconate de magnésie, et les bases organiques, la morphine, etc., se précipitent. On lave le précipité à l'eau froide, on reprend par l'alcool à chaud, qui ne dissout que la morphine et la narcotine, et on fait cristalliser à plusieurs reprises, en se servant de noir animal pour activer la décoloration. En dissolvant dans l'acide acétique la morphine mélangée de narcotine, que l'on obtient ainsi, on a l'acétate de morphine habituellement employé en médecine. Si on fait bouillir longtemps cet acétate, celui du narcotine se décompose, l'acide se volatilise et la base se précipite; on obtient ainsi de l'acétate de morphine pur. Les sels de morphine sont des narcotiques très énergiques; leur meilleur contre-poison sont des infusions de café ou de tannin. On les reconnaît à ce qu'ils donnent une coloration rouge très intense avec l'acide nitrique, et une coloration bleue avec les sels de peroxyde de fer.

OR (*angl.* et *all.* gold). L'or est un métal connu dès la plus haute antiquité. Sa beauté, son inaltérabilité, sa rareté et sa grande ductilité, l'ont fait adopter comme le premier et le plus cher des métaux que l'on soumet au monnayage. Il est d'un beau jaune un peu rougeâtre. Lorsqu'il est réduit en feuilles très minces, il devient vert par transmission et rouge par reflexion. C'est à l'or métallique très divisé que les verres dits rubis de Bohême doivent leur belle coloration rouge. Il n'a ni odeur, ni saveur; il est plus mou que l'argent. C'est le plus malléable et le plus ductile de tous les métaux : ainsi, on peut le réduire en feuilles de un dix millionième de mètre d'épaisseur, et couvrir avec un gramme de ce métal un fil d'argent de 200.000 mètres de longueur. Sous le rapport de la ténacité, il exige pour se rompre une charge de 21k,64 par centimètre carré. De 0° à 100°, il se dilate de 0,0014661 ou 1/682e en longueur. Sa densité = 19,258 lorsqu'il a été simplement fondu, et 19,367 lorsqu'il a été fortement écroui. Il fond à 32° du pyromètre de Wedgwood, et est sensiblement fixe à la température de nos fourneaux. Il se volatilise et brûle avec une flamme verte, quand on l'expose en feuilles excessivement minces ou en fils très déliés, à l'action d'une forte batterie électrique ou d'une pile voltaïque très puissante.

L'or ne décompose jamais l'eau, même en présence des acides. Les acides sulfurique, hydrochlorique, nitrique, ne l'attaquent pas. L'eau régale le dissout facilement. Les alcalis et le nitre ne l'attaquent, ni par voie humide, ni par voie sèche. Le soufre et l'hydrogène sulfuré ne peuvent l'attaquer, mais les persulfures alcalins le dissolvent. Le chlore, le phosphore et l'arsenic, se combinent directement avec lui à l'aide de la chaleur.

L'or est susceptible de former un grand nombre d'alliages, dont deux se trouvent dans la nature, ceux avec l'argent et le rhodium; parmi ces alliages nous citerons les suivants : l'alliage avec le cuivre, dont les différentes proportions constituent les alliages monétaires et ceux employés dans la bijouterie; les alliages avec l'argent, qui tirent sur le vert, et dont l'un, composé de 7 parties d'or et de 3 p. d'argent, est employé dans la bijouterie sous le nom d'*or vert*; l'alliage gris, composé de 5 à 6 parties d'or pour 1 partie de fer, qui est connu dans la bijouterie sous le nom d'*or gris*; et enfin l'alliage avec le mercure ou amalgame d'or, qui est employé pour la dorure au feu.

Oxydes d'or. Les oxydes d'or sont complétement réduits par la chaleur rouge. On en connaît deux.

Le *protoxyde* est d'un vert foncé; il se décompose spontanément en or métallique et en peroxyde. Il renferme :

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Or.} & 0{,}9613\\ \text{Oxygène.} & 0{,}0387\end{array}\right\} \mathrm{Au^2\,O}$$

On l'obtient en décomposant à froid le protochlorure par un alcali fixe en dissolution un peu étendue.

Le *peroxyde* ou *acide aurique* est noir; son hydrate est d'un jaune-rougeâtre. Mis en digestion avec l'ammoniaque, il donne naissance à un composé très fulminant qui est probablement un azoture d'or. Il se compose de :

$$\left.\begin{array}{ll}\text{Or.} & 0{,}8923\\ \text{Oxygène.} & 0{,}1077\end{array}\right\} \mathrm{Au^2\,O^3}$$

On le prépare en chauffant une dissolution de perchlorure d'or avec un excès de magnésie ou d'oxyde de zinc, puis lavant le dépôt avec de l'acide nitrique qui décompose l'aurate formé. Quand on emploie l'acide concentré, l'on a le peroxyde anhydre; quand l'acide est étendu, l'on obtient l'hydrate.

Sels d'or.

Tous les sels d'or sont solubles dans l'eau régale. Le protosulfate de fer et l'acide oxalique précipitent l'or à l'état métallique, de cette dissolution. Le protochlorure d'étain, mélangé d'une certaine quantité de deutochlorure et en dissolution étendue, y donne naissance à un précipité d'un beau rouge pourpre (*pourpre de Cassius*), qui paraît être un mélange de deutoxyde d'étain et d'or métallique dans un état de division extrême. Les principaux sels d'or sont les suivants :

Le *persulfure*, qui est floconneux, d'un jaune brun foncé, et qui forme des sulfures doubles solubles avec les sulfures alcalins.

Les *tellurures*, qui se trouvent dans la nature.

Le *protochlorure*, qui est d'un jaune pâle, très peu stable, et qui s'obtient en chauffant le perchlorure à 200° environ, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, puis lavant avec un peu d'eau froide pour séparer le perchlorure non décomposé.

Le *perchlorure*, qui est d'un rouge-brun très foncé, incristallisable, très soluble dans l'eau et l'alcool. Il se combine avec l'acide hydrochlorique en donnant un sel acide d'un beau jaune d'or qui cristallise aisément. Il a également une grande tendance à former des sels doubles ou chloro-aurates.

Et enfin le *cyanure*, qui est actuellement très employé dans les nouveaux procédés de DORURE, à l'état d'auro-cyanure alcalin.

Minerais.

Les minerais d'or sont peu nombreux; ils se réduisent à l'or natif ou allié de rhodium, et aux tellurures.

L'*or natif* se présente tantôt en cristaux appartenant au système régulier, tantôt en dendrites et paillettes, ou en grains irréguliers; lorsque les morceaux atteignent une certaine grosseur, on leur donne le nom de *pépites*. Sa couleur varie du jaune d'or au jaune de laiton. Il est presque toujours allié à une quantité variable d'argent; lorsque l'alliage naturel est tel qu'il renferme environ 2 parties d'or pour 1 partie d'argent, il prend le nom d'*électrum*. On trouve quelquefois, au Mexique, des alliages d'or et de rhodium ayant la couleur de l'or, et contenant des proportions très variables de rhodium, dont la moyenne est de 0,34.

L'or natif se trouve le plus souvent dans des terrains de transports anciens, dits *alluvions aurifères*, formés en général de fragments et de cailloux roulés quarzeux, liés entre eux par un ciment argilo-ferrugineux très sableux, et dans lesquels on rencontre accidentellement des débris de roches primitives, du fer oxydulé magné-

Digitized by Google

tique, du fer titané, et souvent aussi des minerais de platine et des diamants. On exploite des dépôts immenses de cette nature au Brésil, au Chili, dans les monts Ourals et l'Altaï, en Afrique, etc. Un grand nombre de rivières roulent des paillettes d'or. L'or natif existe aussi en filons dans les terrains anciens, tantôt pur avec gangue de quarz, tantôt disséminé en très petite quantité, et comme accidentellement, dans d'autres minerais métalliques, qui sont le plus souvent des pyrites de fer ou de cuivre, du sulfure d'antimoine ou des minerais d'argent.

Les *tellurures aurifères* ne se trouvent que dans quelques mines des environs de Nagy-Ag, en Transylvanie, dans des filons irréguliers qui traversent la grauwacke et les terrains porphyriques dans toutes sortes de directions. Ils sont accompagnés d'or natif et de minerais d'argent et de cuivre.

Ces minerais sont au nombre de quatre :

1° Le *tellure natif*, qui renferme 0,0025 d'or, se trouve en petites masses irrégulièrement lamelleuses ou à structure grenue, ayant un éclat métallique très brillant, et une couleur passant du gris de plomb au gris d'acier; sa densité = 5,7 — 6,1 : il est rayé par la chaux carbonatée. Très fusible au chalumeau, et se volatilise sans résidu. Il est soluble dans l'acide nitrique sans résidu ;

2° Le tellurure auro-argentifère renferme 0,30 d'or et 0,10 d'argent, est toujours à l'état cristallin, et est composé de prismes déliés qui se groupent ensemble de manière à simuler jusqu'à un certain point des caractères hébraïques, disposition qui lui a fait donner le nom d'*or graphique*. Du reste, les autres caractères physiques sont à peu près les mêmes que ceux du tellure natif. Au chalumeau, il fond et laisse pour résidu un bouton métallique d'un jaune clair ;

3° Le tellurure auro-plombifère ou *tellure gris*, est lamelleux et d'un gris prononcé avec un reflet jaunâtre clair ; il renferme environ 0,26 d'or et 0,14 d'argent ;

4° Le tellurure plumbo-aurifère ou *tellure feuilleté*, est très lamelleux, d'un gris de plomb assez foncé et d'un éclat métallique très clair ; il est rayé par la chaux sulfatée ; il renferme 0,08 à 0,09 d'or.

Essai des matières aurifères.

Voyez ESSAIS.

Traitement des minerais d'or.

Les minerais d'or les plus exploités sont les alluvions aurifères, qui sont les plus répandus, et consistent en paillettes d'or natif que l'on sépare mécaniquement par le lavage des sables et minéraux qui s'y trouvent mélangés. Les appareils de lavage varient suivant chaque pays : en Russie, où l'on traite de cette manière des sables d'alluvion ayant une teneur moyenne en or de 0,0000026, tantôt on emploie des tables à toiles, tantôt des tables dormantes ordinaires, tantôt on débourbe d'abord et on classe les sables au moyen de patouillets et de cribles, puis on les lave dans des auges inclinées demi-cylindriques au moyen d'un grand nombre de balais fixés à un axe parallèle à celui de l'auge, et qui est animé d'un mouvement oscillatoire de 30 à 40". On sèche le schlich riche obtenu, et on en sépare les fers titané et oxydulé magnétiques au moyen du barreau aimanté.

Lorsque l'or natif est disséminé en particules pour ainsi dire indiscernables à l'œil nu, comme c'est le cas pour les pyrites aurifères, on peut griller celles-ci et les soumettre ensuite au lavage comme ci-dessus, ou bien les pulvériser très finement et les amalgamer à l'état cru. C'est ce dernier procédé que l'on emploie dans plusieurs endroits du Piémont pour le traitement des pyrites aurifères.

Dans le Tyrol, où les minerais pyriteux renferment de 0,000006 à 0,000015 d'or et des minerais d'argent, on fait tourner dans des moulins, avec du mercure, le minerai bocardé très fin, immédiatement après sa sortie du bocard et avant son dépôt dans les labyrinthes. Le moulin d'amalgamation est formé d'une partie fixe en fonte et d'une partie mobile en bois. La caisse en fonte présente deux cylindres concentriques de rayon égal réunis par un plan incliné. Au centre est un tube creux dans lequel passe l'axe moteur qui est vertical. La meule de bois a extérieurement la forme de la caisse en fonte ; elle est évidée intérieurement à peu près en cône ; elle est reliée par des cercles de fer et présente sur sa base de petites lames de fer saillantes disposées symétriquement : partout, entre la caisse en fonte et la meule en bois, il existe un vide de 0m,02. Trois tiges de fer fixées à la meule en bois se rattachent à un triangle percé à son centre, et s'appliquent sur le rebord d'une pièce qui s'enfile sur l'axe moteur lequel est carré à son extrémité ; cette pièce repose sur d'autres pièces qui permettent, par leur nombre et leur épaisseur, de faire varier la position de la meule. La meule en bois fait de 15 à 20 tours par minute. On met dans chaque moulin 25k de mercure, et les lames de fer saillantes de la meule pénètrent de 0m,005 dans ce mercure. Le minerai réduit en particules très fines sous les pilons du bocard, est entraîné par l'eau, tombe dans le cône central de la meule, traverse le mercure, remonte dans l'espace entre les deux meules, et sort par une ouverture pratiquée dans la caisse de fonte, à l'opposition de son entrée. Comme, en général, la matière n'est pas encore dépouillée de tout l'or qu'elle contient, elle passe dans un second moulin semblable, placé à un étage inférieur, et quelquefois même dans un troisième moulin. L'eau trouble se rend ensuite dans les labyrinthes ; les dépôts sont lavés et donnent des schlichs qui sont traités par fusion comme minerais d'argent. Après quatre semaines de travail, le mercure est retiré des moulins, lavé et pressé à travers une peau de chamois. Le mercure qui passe est employé de nouveau. L'amalgame solide qui reste sur la peau renferme un tiers d'or et est distillé comme celui d'argent (voyez ARGENT — *amalgamation saxonne*). L'or obtenu est refondu. La perte en or est de 25 pour 100, et on perd 1 de mercure pour 1 d'or obtenu.

La méthode du Tyrol est aussi employée dans la Basse-Hongrie pour le traitement des minerais analogues. Cependant quelques usines suivent encore l'ancienne méthode du pays, qui consiste à faire passer l'eau trouble qui sort du bocard sur des planches recouvertes de toiles, avant qu'elle n'entre dans les labyrinthes. Toutes les trois heures on enlève les toiles et on les lave dans une caisse ; le dépôt que l'on obtient est enrichi par le lavage d'abord sur une table dormante, puis dans une sébille à main. Le schlich riche obtenu est amalgamé comme ci-dessus.

Dans la Haute-Hongrie, où l'or natif et les tellurures sont mélangés de minerais de cuivre et d'argent, on traite ces minerais par *imbibition* (voir ARGENT, p. 220) ; on fond pour matte les minerais pauvres grillés, et on désargente la matte par imbibition. On grille la première matte désargentée et on la fond avec des minerais riches en partie grillés ; on désargente également la deuxième matte par imbibition et, après l'avoir ensuite grillée à un grand nombre de feux, on la fond pour cuivre noir. Ce cuivre noir est argentifère ; on le traite par liquation ou par amalgamation, puis on affine les résidus comme il est dit à l'article ARGENT. Le plomb d'œuvre est soumis à la coupellation, et on ajoute pendant l'opération les tellurures très riches. On obtient un alliage d'or et d'argent qui est soumis à l'affinage, comme il est décrit à l'article AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT. L'or ayant moins d'affinité que l'argent pour le soufre, il s'en perd relativement une plus forte propor-

Digitized by Google

tion dans les scories, dans le traitement ordinaire pour mattes ; aussi le traitement par imbibition doit généralement être préféré pour des minerais d'argent très aurifères.

Enfin, dans beaucoup d'usines à argent, on obtient de l'argent qui renferme 0,03 à 0,005 d'or et même moins ; on l'en sépare au moyen de l'acide sulfurique.

Comme un 1/2000e seulement d'antimoine, de plomb ou d'étain, altèrent très notablement la ductilité de l'or, on le purifie presque toujours, en le fondant et l'agitant lorsqu'il est fondu avec une petite quantité de borax et de nitre ; les métaux étrangers qu'il peut encore renfermer s'oxydent et viennent former une scorie à la surface du bain.

Statistique.

La production annuelle de l'or est de 50.500k, savoir :

Hongrie, Transylvanie et Tyrol.	1.590k	
Piémont.	40	
Hartz.	3	
Turquie d'Europe.	100	
Europe.	1.733	— 1.733k
Russie (Oural, Altaï).	8.867	
Thibet, Indoustan, etc. . . .	7.000	
Asie.	15.867	—15.867
Afrique (Sennaar, etc.). . . .		6.000
Brésil.	7.200	
Mexique.	6.100	
États-Unis (Caroline).	3.600	
Nouvelle-Grenade.	4.000	
Chili.	1.500	
République Argentine. . . .	1.000	
Pérou.	1.000	
Vénézuela.	500	
Divers.	2.000	
Amérique.	26.900	—26.900
Total.		50.500k

qui, à raison de 3.500 fr. le kilogr., représentent une valeur de 176.750.000 fr. P. DEBETTE.

ORCANETTE. On désigne sous ce nom les racines de quelques espèces de borraginées, et particulièrement celles des *lithospermum tinctorium*. La matière colorante de l'orcanette est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, l'huile, et tous les corps gras, auxquels elle communique une belle couleur rouge. On l'emploie pour colorer des pommades et des onguents, pour donner une couleur rose à des liqueurs de table, et dans quelques opérations de teinture ; mais comme cette couleur est peu solide, l'usage en est restreint.

ORFEVRERIE. Voyez BIJOUTERIE et PLAQUÉ.

ORGE. Voyez BIÈRE.

ORPIMENT. Sulfure jaune d'arsenic. Voyez ARSENIC.

ORSEILLE. On donne le nom d'*orseille* à une matière colorante obtenue par l'action simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, sur plusieurs variétés de lichens : le nom d'orseille est du reste donné aussi aux lichens qui servent à la préparation de la matière colorante. La couleur de l'orseille est généralement violette, susceptible d'ailleurs d'être modifiée, comme toutes les couleurs végétales, par les acides et les alcalis Ses teintes vives et éclatantes la font rechercher pour certaines teintures, et son emploi a pris depuis quelques années une assez grande extension. L'avantage que présente cette matière colorante est de fournir à bon marché des couleurs qui flattent l'œil, mais qui malheureusement manquent de solidité ; et la cause peut-être (suivant Cocq) qui a donné une certaine importance à sa fabrication en Auvergne et dans le Midi, c'est de procurer aux peuples de ces contrées le moyen de teindre en belle couleur les étoffes grossières dont ils font leurs vêtements journaliers.

Historique. On employait déjà en teinture, du temps des Romains, l'orseille et les lichens, car Pline en fait mention. On croyait alors que la couleur de pourpre provenait des lichens qui lui servent de nourriture.

Après l'extinction de l'empire romain on perdit en teinture l'usage de l'orseille. Au commencement du quatorzième siècle, un Florentin de race allemande, nommée Federigo, qui avait découvert par hasard dans le Levant ses propriétés tinctoriales, en introduisit l'usage à Florence, et acquit par là une si grande fortune qu'il devint le chef d'une famille puissante qui prit le nom d'Oricellarii (plus tard Rucellarii et Rucellui). Pendant plus d'un siècle, l'Italie produisit exclusivement l'orseille ; on la recueillait sur les côtes et les îles de la Méditerranée.

Depuis 1402, on tira en grande partie les lichens à orseille des îles Canaries, et plus tard aussi des îles du Cap-Vert, ces derniers sont plus riches en couleur, parce qu'on leur laisse prendre tout leur accroissement.

Sur les côtes de Suède, d'Écosse, d'Irlande, du pays de Galles, les habitants emploient depuis un temps immémorial le lichen pour teindre en rouge.

La fabrication de l'orseille est restée bien longtemps soumise à un véritable empirisme ; c'est en 1812 seulement que M. Cocq, commissaire des poudres et salpêtres à Paris, publia (1) sur la matière un mémoire intéressant, dans lequel il dit n'avoir obtenu qu'avec les plus grandes difficultés des détails sur les manipulations auxquelles sont soumis les lichens, les fabricants d'orseille cachant avec un soin extrême les opérations de leurs ateliers. M. Cocq regarde avec raison cette connaissance imparfaite des procédés suivis, comme la cause immédiate du peu de progrès que la science a fait faire à ce genre de travail. Cette réflexion de M. Cocq ne serait pas, jusqu'à un certain point, déplacée aujourd'hui, car depuis la publication de son mémoire, en 1812 jusqu'en 1829, la théorie de la fabrication ne fit aucun pas. On était encore dans l'ignorance la plus complète sur la nature de la matière colorante, lorsque Robiquet vint soumettre l'étude des lichens à ses savantes investigations (2).

Robiquet isola d'un lichen, ou mieux d'une variolaire (*variolaria dealbata*), un principe immédiat qui se présente sous l'aspect d'une matière blanche, cristalline, soluble dans l'eau, et auquel il donne le nom d'*orcine*. Cette orcine étant imprégnée d'ammoniaque, si on la place sous une cloche remplie d'oxygène, sa couleur devient fauve et ensuite violet foncé, sa dissolution fournissant une très belle teinte rouge violacée. Mais cette orcine ne peut pas être considérée comme un principe colorant, car dans un travail particulier (3) Robiquet reconnut que cette orcine se transformait, sous l'influence de l'ammoniaque, en une substance brune, insoluble dans l'eau, qu'il considère comme le principe colorant de l'orseille, auquel il a donné le nom d'*orcéine*.

Bien que Robiquet indique la présence simultanée de l'air, de l'humidité et de l'ammoniaque, comme nécessaire à la coloration de l'orcine, il pense que l'ammoniaque exerce la plus grande part dans cette transformation ; et, suivant lui, ce n'est pas en se combinant avec l'orcine, comme il pourrait le faire avec un acide, qu'agit cet alcali, mais par suite de la fixation de ses éléments, et il fait observer que de tous les alcalis, l'ammoniaque seule exerce cette action sur l'orcine.

Cela posé, disons d'abord quelques mots des lichens employés à la fabrication de l'orseille, et auxquels on donne très souvent, mais improprement, le nom d'orseille.

(1) *Annales de Chimie*, tome LXXXI.
(2) *Annales de Chimie et Physique*, t. XLII, 2e série.
(3) *Annales de Chimie et Physique*, t. LVIII, 2e série.

Digitized by Google

On distingue dans le commerce plusieurs espèces d'orseille, et notamment celle dite *des îles* et celle connue sous le nom d'*orseille de terre*. La première, qui est la plus estimée et la plus chère, nous vient des Canaries et du Cap-Vert; on en reçoit aussi d'Angola, des Açores, de Madère, de la Corse et de la Sardaigne. Berthollet rapporte cette espèce au *lichen roccella*, dont les botanistes distinguent plusieurs variétés. La seconde se récolte sur nos montagnes d'Auvergne, des Alpes, des Pyrénées et de la Lozère.

Tous les documents recueillis jusqu'à ce jour semblent démontrer que l'orseille est principalement composée de variolaires, et le nom de *parelle* que lui donnent en France tous ceux qui s'occupent de sa récolte, a pu induire en erreur et faire attribuer l'orseille au *lichen parella;* mais il n'en est rien, la ressemblance des noms est la cause de la confusion qu'on a pu faire, du moins c'est là l'opinion de Cocq, opinion que Robiquet n'a pas contredite.

Nous pensons qu'il n'est pas inutile d'entrer ici dans quelques détails intéressants donnés par Cocq.

Le lichen qui produit l'orseille se trouve sous les laves volcaniques, où toutes les pierres bouleversées présentent diverses surfaces à tous les aspects, et permettent au lichen de choisir la position qui convient le mieux à son accroissement, tandis que les sels contenus dans les laves contribuent sans doute au développement de ses parties.

Tous les lichens, semblables en apparence, végétant sur la même pierre, confondus sur le même mamelon, ne possèdent pas les mêmes principes colorants, de sorte que l'orseille qu'on vient vendre aux fabricants se trouve composée d'un certain nombre de cryptogames dont on ignore les qualités tinctoriales individuelles, et souvent sans qu'on puisse savoir, par conséquent, quels sont les plus favorables ou les plus nuisibles. On assure même que les ouvriers chargés de cette récolte les mélangent à dessein pour augmenter leur bénéfice, et ils le peuvent impunément, puisque ceux qui les paient ne savent pas précisément quelles sont les espèces auxquelles il doivent accorder la préférence.

Nous pensons que ces diverses considérations, émises tant par Cocq que Robiquet dans leurs mémoires, ont dû éveiller, au moins pour ce qui se passe en France, l'attention des intéressés, qui doivent être probablement plus à même de reconnaître les meilleures qualités des lichens qu'on leur présente.

La *variolaria orcina* a donné à M. Cocq la belle et vive couleur amaranthe que les teinturiers d'Auvergne en tirent. Ce lichen, constamment et exclusivement nommé *parelle*, reçoit en outre divers surnoms suivant les divers États où on la trouve. Par exemple, on la nomme *varenne* quand elle se rencontre sur le granit; alors elle est plus lisse, moins fendillée, et ses glomérules fructifères sont moins proéminents. Les ouvriers assurent que cette variété fournit une couleur plus vive, mais elle est rare dans ce pays-ci.

On trouve plus communément la parelle sur les laves, et l'on nomme *pucelle* celle qui est recueillie pour la première fois; la parelle *maîtresse* est celle qui a pris tout son accroissement, et qu'on ne récolte qu'après cinq ou six ans de végétation.

Les hommes qui s'occupent de récolter les lichens en France, les râclent sur les rochers au moyen d'un couteau à lame mince d'une forme particulière. Ils préfèrent pour se livrer à ce travail un temps de pluie, parce que le lichen est arraché plus facilement. La quantité qu'ils récoltent peut s'élever à 2 kilog. par jour. Les fabricants d'orseille à qui ils présentent à acheter le fruit de leur récolte, soumettent un échantillon de ces lichens à un essai pour apprécier leur qualité. Pour cela, ils en mettent un peu dans un verre contenant de l'urine avec une petite addition de chaux (il est évident qu'on pourrait très bien faire l'essai avec l'alcali volatil). Si le lichen est propre à la teinture, sa teinte se rembrunit, tandis qu'au contraire il prend une couleur jaune ou verte, suivant son espèce, s'il est impropre à la fabrication de l'orseille.

Nous devons dire ici que depuis nombre d'années les lichens de France ne sont plus employés dans la fabrication, du moins à Paris, à cause de leur faible richesse en matière colorante.

Lorsque les parelles sont mouillées, ce qui arrive d'autant plus souvent que les récoltes se font plus facilement par un temps de pluie; il est nécessaire de les faire sécher pour les conserver saines et les préserver de la fermentation qui altère singulièrement leurs qualités tinctoriales; pour cela, on les étend dans un grenier bien aéré en couches qui ont 5 à 6 centimètres d'épaisseur au plus. Ainsi séchées elles se conservent bien; on prétend cependant qu'au printemps elles éprouvent encore une réaction sensible. C'est des soins qu'on met à les conserver que dépendent les résultats de la fabrication de l'orseille.

Les lichens du Cap-Vert et des Canaries offrent de grandes difficultés dans leur récolte, les rochers sur lesquels ils croissent ayant leurs pieds baignés par la mer. Les hommes qui s'occupent de ce travail plantent au sommet des roches l'extrémité d'une corde à nœuds, à laquelle ils se suspendent comme les badigeonneurs de Paris pour aller cueillir les plantes qui croissent sur les parois.

Les lichens récoltés d'une manière ou d'une autre sont toujours mêlés avec de la mousse qu'il est facile de séparer; pour cela on les place en lits de peu d'épaisseur, et on passe sur eux des étoffes de laine à longs poils après laquelle la mousse s'attache.

On a longtemps en France, dans la fabrication de l'orseille, employé presque exclusivement les lichens des Canaries et du Cap-Vert. Depuis cinq ans ces lichens ne sont plus employés, leur qualité ayant singulièrement dégénéré; on attribue cette infériorité à la trop grande fréquence des récoltes, qui ne permettait pas aux plantes d'arriver à un développement désirable. C'est depuis cette décadence qu'on tire d'Angola toute l'orseille qu'on travaille en France; les lichens qui arrivent de ce pays retiennent à leurs extrémités, non pas de petits cailloux, mais de petits morceaux de bois, ce qui donne à penser qu'on les récolte sur des arbres ou des ronces au lieu de rochers. Taylor dit qu'en Angleterre on fait aussi usage des lichens de Barbarie et du pays de Galles.

Leuchs, dans son *Traité des Matières tinctoriales*, indique comme étant employés de préférence à la fabrication de l'orseille les lichens suivants : le *parella roccella*, le *lichen tartareus* et le *variolaria orcina;* il ajoute qu'on peut cependant employer aussi les lichens suivants : *pellitus, calcarius, jubatus, farinaceus, lacteus, muscorum, omphalodes, impressus, parella prunastri, caparatus, deustus, bacomyces cocciferus, argentata, parella saxatilis.*

Cocq conseille aux fabricants d'orseille d'user, avant la mise en fabrication, de la précaution suivante pour débarrasser les lichens des parties terreuses qu'ils renferment toujours en plus ou moins grande quantité, c'est de les laver dans l'urine ou de l'alcali volatil étendu, suivant qu'on emploie l'un ou l'autre de ces liquides dans le travail. De cette manière l'orseille fabriquée est tout à fait débarrassée de matières terreuses qui ne peuvent que nuire à son emploi dans la teinture. C'est surtout pour les lichens récoltés en France qu'il donne ce conseil, et il prétend qu'avec cette précaution les lichens de notre pays valent tout autant que celui des îles.

Nous avons maintenant à parler des procédés de fabrication de l'orseille; nous ne pourrons donner à cet

Digitized by Google

égard, tous les détails qu'on pourrait désirer sur ce sujet; car aujourd'hui, comme en 1812, époque à laquelle Cocq écrivait son mémoire, les fabricants ne tiennent pas le moins du monde à faire connaître les détails de leur travail, dans la crainte plus ou moins fondée de livrer à leurs concurrents, présents ou futurs, les perfectionnements qu'ils peuvent avoir apportés dans les procédés de fabrication.

Les lichens sont généralement placés dans des auges ou caisses en bois de 2 mètres de long sur 0m,60 à 0m,70 de large, se réduisant à 0m.40 au fond, et de 0m,80 de profondeur; la charge se compose de 1.000 kilogr. de plantes sur lesquelles on verse 120 kilogr. d'urine. Pendant deux jours et deux nuits, on remue, on brasse le mélange toutes les 2 à 3 heures; les caisses étant fermées exactement dans l'intervalle. Le troisième jour de l'opération on ajoute au mélange 5 kilogr. de chaux, 125 grammes d'acide arsénieux et autant d'alun. Pour rendre bien intime le mélange de l'urine et des matières ajoutées, on relève les plantes de chaque côté pour les replacer après l'introduction des ingrédients.

Une fermentation, qui n'est probablement autre chose que le dégagement de l'ammoniaque de l'urine produit par la chaux, ne tarde pas à se manifester, et, à ce moment, il faut brasser la matière avec beaucoup de soin. Pour rendre le brassage facile on ne remplit les caisses qu'à moitié. Si la fermentation (toujours en supposant ce nom bien applicable ici) est prompte, les brassages doivent se succéder de demi-heure en demi-heure; si elle est lente, c'est d'heure en heure, mais toujours de manière à empêcher la formation d'une croûte à la surface.

Après 48 heures cette fermentation éprouve un ralentissement; on lui rend une certaine activité en ajoutant alors 1 kilogr. de chaux, et on brasse d'autant moins souvent, que la fermentation se ralentit davantage. On laisse ainsi passer quinze jours, puis on ne brasse plus que de 6 heures en 6 heures. Au bout de vingt-trois jours toute l'intensité de couleur est obtenue. En général, l'opération dure trois semaines quand les plantes sont de qualité médiocre, et un mois lorsqu'elles sont très bien choisies.

L'orseille en pâte n'est autre chose que la substance qui se trouve dans les caisses, substance résultant de l'action réciproque des diverses matières mises en présence; elle renferme nécessairement toute la partie ligneuse, plus ou moins intacte, des lichens. Cette pâte d'orseille est conservée dans des tonneaux; au bout d'un an elle a acquis son maximum de teinte, ce qui indique une continuation d'action; à la troisième année elle s'altère.

D'après Taylor, quand l'orseille n'est pas assez rouge on ajoute 500 grammes d'alun par 50 kilogr. de pâte, ou un peu de nitrate d'étain; mais si on veut la rendre plus bleue ou violette, on ajoute 500 grammes de potasse calcinée.

Voilà ce que nous pouvons indiquer sur le procédé de fabrication, lorsqu'on fait usage d'urine. Disons maintenant quelques mots sur la théorie de cette opération.

D'abord, il est de toute évidence que l'urine n'est employée que comme matière première d'ammoniaque, que l'on fait dégager au moyen de la chaux; mais comme on emploie toujours un grand excès de chaux, cet excès ne peut manquer de devenir préjudiciable. De plus, l'urine ne renferme pas seulement du carbonate et autres sels d'ammoniaque, elle contient encore d'autres substances salines et des matières organiques; or, il n'est pas douteux que si quelques-uns de ces corps étrangers à l'ammoniaque peuvent jouer un rôle utile dans la réaction (ce qui est encore une hypothèse), d'autres doivent jouer un rôle secondaire, d'autres enfin un rôle nuisible. En effet, les sels déliquescents que renferme l'urine doivent nécessairement se retrouver dans l'orseille; de plus, l'urine contient des principes azotés putrescibles qui finiraient par entraîner, dans leur décomposition, toute la matière organique végétale, si on n'y prenait garde, c'est pour remédier à cet inconvénient qu'on emploie de l'alun et de l'acide arsénieux; du moins c'est là l'opinion de Robiquet. Et encore, ces matières ne suffisent-elles pas toujours pour préserver de la putréfaction; aussi, est-on quelquefois obligé, pour la prévenir et l'arrêter, d'ajouter, à l'orseille préparée, un peu d'oxyde rouge de mercure qui est un anti-putride très puissant.

L'alun qu'on emploie dans cette fabrication se trouve nécessairement décomposé par les alcalis, de sorte que l'alumine précipitée et la chaux augmentent sans nécessité le poids de l'orseille et absorbent en pure perte une quantité notable de matière colorante.

Robiquet pense avec raison, qu'une des fonctions spéciales de l'ammoniaque, dans la fabrication de l'orseille, est de saponifier les matières grasses ou résinoïdes qui enveloppent le lichen et le rendent imperméable. Ce savant chimiste n'admet pas qu'une fermentation se manifeste dans l'opération; tout se borne, d'après lui, à une réduction qui est naturellement plus prononcée et plus prompte lorsque la température est plus élevée. On sait que par les temps froids les fabricants d'orseille cessent leur fabrication.

La théorie que nous venons d'exposer pour la fabrication de l'orseille, la seule d'ailleurs proposée, et par suite admise aujourd'hui, indique évidemment que l'ammoniaque, ou l'alcali volatil, remplacerait très bien, avec avantage même, l'urine dans l'emploi qu'on en fait. L'urine, outre les inconvénients déjà cités, a encore celui de ne pas être d'une force régulière, et Cocq conseille aux fabricants de ramener par l'évaporation les urines dont ils font usage, à un degré constant, de manière que la dose à employer soit toujours la même, ce qui éviterait nécessairement des tâtonnements et rendrait le travail plus normal.

L'ammoniaque n'a pas cet inconvénient, aussi Cocq a-t-il, dès 1812, insisté fortement pour son emploi; mais il paraît que ses conseils furent, sur ce point, du moins, longtemps dédaignés, car Robiquet dit, en 1829, que l'emploi de l'alcali volatil n'a commencé à s'introduire, dans la fabrication de l'orseille, que depuis quelques années.

La routine, le haut prix de l'alcali volatil, ont d'abord empêché les fabriques d'orseille d'entrer franchement dans cette nouvelle voie; ce n'est que depuis dix ans que nos fabricants emploient des quantités considérables d'ammoniaque. Et encore, s'ils ont agi ainsi, c'est en suivant l'exemple de leurs confrères d'outre Manche. L'alcali volatil leur donne des nuances plus vives et plus éclatantes; mais plusieurs fabricants, parmi lesquels je puis citer M. Pommier, un des plus expérimentés, prétendent que les couleurs d'orseille fabriquée avec l'urine ont plus de *fonds;* et ils ajoutent que le prix de l'alcali fût-il encore bien plus bas que le prix actuel, ils emploieraient encore de l'urine pour une grande partie de leur travail. Nous ne sommes pas assez experts sur le sujet pour prononcer entre la théorie et la pratique qui, sur ce point, diffèrent beaucoup entre elles; mais nous avons la ferme conviction que des expériences directes donneraient, sans beaucoup de peine, la solution de cette question, qui intéresse vivement la fabrication de l'orseille. On démontrerait ainsi facilement si la substitution de l'ammoniaque à l'urine peut dispenser de l'emploi de la chaux, de l'alun et de l'arsenic. La salubrité publique est elle aussi intéressée à ce que tous les doutes soient éclairés, car la putréfaction de l'urine est la cause, pour le voisinage des fabriques d'orseille, d'émanations très incommodes, sinon malsaines, à tel point que, dans plusieurs circonstances, le

Digitized by Google

conseil de salubrité de Paris a menacé les fabricants de la fermeture de leurs usines, s'ils persistaient à faire usage d'urine au lieu d'ammoniaque.

En supposant, d'ailleurs, que parmi les sels que renferme l'urine, certains soient utiles à la fabrication de l'orseille, on pourrait très bien les ajouter à l'ammoniaque dans la proportion nécessaire.

Du reste, comme nous l'avons déjà indiqué en passant tout à l'heure, la fabrication d'orseille en Angleterre n'emploie que de l'ammoniaque provenant de la distillation de l'urine avec la chaux (1). Et Bancroff affirme qu'on obtient de plus belle couleur avec l'ammoniaque pure qu'avec l'esprit d'urine. Nous devons ajouter que plusieurs fabricants français sont aussi de cet avis.

Voici ce que Leuchs dit sur la manière de fabriquer en Angleterre. On arrose 1 partie de lichen en poudre (car on moud les lichens dans ce pays) avec 5 parties d'esprit d'urine (2) ; on couvre le vase, et chaque matin on remue (3). On laisse la pâte dans un endroit modérément chaud, car la chaleur et le grand froid la gâtent. Après quelques jours, la couleur devient rouge-pourpre, puis bleue. Après quatorze jours on met la masse dans des citernes en plomb où elle est remaniée journellement. Après un mois l'opération est terminée.

Il est possible, après tout, que la chaux employée pour caustifier l'ammoniaque de l'urine, et transformée nécessairement en carbonate de chaux donnant une augmentation très sensible de poids, serve ainsi directement les intentions des fabricants. C'est là, à notre avis, une des causes de l'obstination de quelques fabricants à employer l'urine, mais il est clair qu'ils pourraient, en employant de l'alcali, mettre de la craie au lieu de chaux.

L'ammoniaque qu'on emploie pour extraire la matière colorante des lichens ne doit pas être à son degré commercial, soit 21 degrés, elle est alors trop concentrée ; on la ramène à 15 degrés environ. Comme nous l'avons déjà dit, nous ne savons si les matières qu'on ajoute à l'urine doivent être ajoutées à l'ammoniaque ; cela n'est pas probable, mais nous ne pouvons l'assurer d'une manière positive.

N'oublions pas que l'air joue un grand rôle dans le travail, que sans son intervention, l'urine ne peut acquérir de couleur. Ainsi, d'une part, on est obligé d'agir en vases clos, car sans cela, l'ammoniaque se dissiperait dans l'air et n'agirait pas sur le lichen ; de l'autre, il est indispensable de donner, de temps à autre, accès à l'air pour qu'il puisse réagir à son tour sur la matière colorante, une fois qu'elle est modifiée par l'alcali ; et il y a probablement dans ces influences successives, comme aussi pour la température qui doit régner dans les ateliers, une juste mesure à observer qui fait le point de la difficulté et le tour de main du fabricant. Nous pensons que pour éviter une grande partie de la déperdition de l'ammoniaque, on peut très bien ne pas verser sur le lichen en une seule fois toute la quantité d'alcali nécessaire à la réaction, mais seulement par parties et suivant les besoins.

Outre l'orseille en pâte, on trouve encore dans le commerce l'extrait ou carmin d'orseille ; on obtient cet extrait comme tous les extraits colorants, c'est-à-dire qu'on épuise par l'eau la pâte d'orseille, et que la liqueur obtenue, filtrée au besoin, est évaporée de manière à former une masse solide. La température doit être convenablement graduée dans cette évaporation, car la matière colorante est facilement attaquée. Pour obtenir 1 kilogr. de bon extrait, on emploie à peu près 2 kilogr. d'orseille en pâte.

On obtient avec l'orseille les couleurs amaranthe, grenat, et les dérivés, avec des teintes belles, vives et éclatantes, mais en petit teint ; on peut appliquer cette matière colorante sans mordants sur la laine et sur la soie, car les mordants n'augmentent guère sa solidité. On emploie fréquemment l'orseille comme fond pour les draps qui doivent être teints avec l'indigo ou la cochenille, et aussi pour les draps qui doivent être teints en rose par la garance, parce que cette dernière seule donne une nuance qui tire trop vers le jaune. On n'a pu jusqu'à présent fixer la couleur de l'orseille sur le coton, du moins avec les teintes vives qui font toute sa beauté. Robiquet s'est beaucoup occupé de cette question, mais il n'a pu arriver à un résultat satisfaisant.

Nous avons déjà indiqué l'action des acides et alcalis sur cette matière colorante, ajoutons que le sel ordinaire rend plus claire sa couleur cramoisie, le sel ammoniac la rend rouge de rubis. L'alun forme un précipité rouge-brun, et la liqueur devient d'un rouge jaunâtre. Le sel d'étain produit un précipité rougeâtre qui tombe lentement, la liqueur surnageante reste rougeâtre. Le sulfate de fer forme un précipité brun foncé, le sulfate de cuivre un précipité brun de cerise.

L'orseille en pâte est spécialement employée par les teinturiers ; les imprimeurs en étoffes ne font usage que de l'extrait qu'ils préparent eux-mêmes ou qu'ils achètent tout fabriqué.

L'orseille en pâte, bonne qualité, se vend aujourd'hui de 75 à 80 fr. les 100 kilogr., c'est-à-dire que le prix d'aujourd'hui n'est guère que le bénéfice fait, il y a trente ans, à peu près, par les fabricants de cette matière colorante dont les produits jouissaient dans le commerce d'une bonne réputation. Le bas prix de l'alcali a contribué pour sa part à la décroissance progressive du prix de l'orseille. L'Auvergne et Lyon étaient jadis en possession presque exclusive de la fabrication de ce produit ; c'est aujourd'hui Paris qui a centralisé cette industrie à côté de beaucoup d'autres. C'est à Paris, en effet, ou dans son rayon industriel, que se teint et s'imprime la majeure partie des étoffes de laine destinées soit au marché intérieur, soit à l'exportation ; la teinture et l'impression de ces étoffes étant sous l'influence immédiate de la mode qui depuis longtemps a établi le siège de son empire sur les rives de la Seine.

L'importance de toute la fabrication de l'orseille, en France, peut être évaluée à 1.200.000 fr. à peu près par an.

Le *cud-beard* ou *persio* n'est autre chose que l'orseille, avec cette différence qu'on le livre au commerce, sous la forme d'une poudre rouge-violet, d'une odeur particulière peu désagréable. Il se dissout en partie dans l'eau bouillante.

La préparation est la même que celle de l'orseille, seulement à la fin on fait sécher la matière à l'air, et on la fait moudre très fin. MALLET.

OS (*angl.* bones, *all.* knocken). Les os des animaux sont formés de deux substances entièrement distinctes, l'une de nature organique, l'autre saline et composée d'un mélange de phosphate de carbonate de chaux. La matière organique sert à la confection de la colle-forte et de la gélatine alimentaire ; les résidus salins à la préparation du phosphore. Lorsqu'on calcine les os au rouge, en vase clos, on obtient le NOIR ANIMAL, agent décolorant par excellence. Les os de choix remplacent l'ivoire pour les ouvrages communs de tabletterie. Enfin, les os, préalablement broyés, forment un engrais très durable et excellent, surtout pour les céréales.

OSMIUM. Métal découvert par Tennant, en 1803, dans les minerais de platine. Il n'a, ainsi que les composés, aucun emploi dans les arts.

(1) On met 180 kilogr. d'urine vieille et 6 kilogr. de chaux vive ; le produit est leur *esprit d'urine*.

(2) Plus tard, quand le lichen en a beaucoup absorbé, on en verse davantage, un quart.

(3) Bancroff pense que des tonneaux bien cerclés que l'on roulerait de temps en temps seraient préférables.

Digitized by Google

OUATE. Voyez COTON.

OUTREMER (*angl.* et *all.* ultramarin). On extrait cette couleur, qui possède une teinte bleue extrêmement riche, du *lapis-lazuli* ou *lazulite*, minéral assez rare qui nous arrive surtout de la Bucharie, par la voie d'Orenbourg, et qui est composé, d'après Warrentrapp, de :

Silice.	45,40
Alumine.	31,67
Soude.	9,09
Acide sulfurique.	5,89
Soufre.	0,95
Chaux.	3,52
Fer..	0,86
Chlore.	0,42
Eau.	0,12
	97,92

Le lapis-lazuli se présente en masses peu volumineuses, dont la densité = 2,75 — 2,95, d'un bleu d'azur très brillant, d'une texture grenue et légèrement lamelleuse. L'on y trouve presque toujours disséminés des grains de pyrites d'un beau jaune d'or, qui, ressortant sur le fond bleu de la pierre, font un bel effet comme objet d'ornement. Le lapis-lazuli fond au chalumeau en donnant un émail blanc; sous l'influence des acides, il perd également sa couleur et donne de la silice gélatineuse.

On extrait l'outremer naturel employé en peinture, des échantillons de lapis-lazuli les moins beaux et les moins riches, de la manière suivante : on concasse grossièrement la pierre et on trie à la main tous les morceaux de gangue stérile que l'on rejette; on introduit le reste dans un creuset et on le chauffe au rouge sombre, puis on l'étonne en le jetant encore rouge dans du vinaigre, où on le laisse digérer plusieurs jours pour dissoudre la chaux mécaniquement mélangée. On porphyrise alors avec soin le lapis-lazuli, et on l'incorpore avec son poids d'un mélange fondu composé de 8 parties de résine, 4 p. de cire vierge, 5 p. d'huile de lin et 3 p. de poix de Bourgogne. On lave ensuite la pâte ainsi obtenue, dans de l'eau chauffée à 32° environ, en la malaxant; l'eau sépare une partie de l'outremer, on décante l'eau et on laisse déposer la couleur. On traite le résidu par de nouvelles quantités d'eau, et on obtient ainsi de l'outremer de moins en moins brillant; les dernières portions sont d'un gris à peine teinté de bleu; on les désigne sous le nom de *cendres d'outremer*. 1^k de lapis-lazuli, valant actuellement environ 120 à 150 fr., donne de 500 à 600 grammes d'outremer et de cendres d'outremer, ce qui porte le prix de cette couleur à un taux très élevé; il a même été jusqu'à 1.500 francs les 500 grammes.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale, ayant proposé un prix de 6.000 fr. pour un procédé propre à donner de l'outremer artificiel ne coûtant pas plus de 200 fr. les 500 grammes, M. Guimet l'obtint, et parvint, dès 1827, à livrer au commerce un outremer artificiel d'une teinte bleue magnifique, plus riche que celle du plus bel outremer, mais un peu violacée. Tout récemment, M. Courtial, fabricant à Grenelle, est parvenu à faire de l'outremer tout aussi beau que celui de M. Guimet, avec lequel il s'est associé depuis; mais les procédés que suivent ces deux fabricants ont été tenus secrets et ne sont pas connus.

M. Gmelin et Robiquet ont fait également des recherches à ce sujet et ont publié leurs procédés, mais en suivant leurs prescriptions, l'outremer que l'on obtient a presque toujours une teinte verdâtre plus ou moins prononcée.

On fabrique actuellement en Allemagne, depuis quelques années, aux environs de Nuremberg, une grande quantité d'outremer artificiel pour les besoins du commerce. Nous allons en indiquer sommairement, d'après M. Pruckner, les procédés de fabrication (Voir, pour plus de détails, la note que nous avons insérée dans les *Annales des mines*, 4^e série, tome VI, pages 493 et suivantes.)

On prend de l'argile très alumineuse, aussi exempte de fer que possible, et grossièrement concassée avec un pilon de bois, que l'on met dans des cuves rectangulaires de 2^m de longueur sur 1^m de largeur; on l'arrose d'eau et on l'abandonne à elle-même pendant quelques jours. Elle se délite et se réduit en bouillie, que l'on purifie par lévigation et dépôt, de la même manière que dans les fabriques de porcelaine, pour en séparer le sable et les parties les plus grosses. On la conserve ensuite dans des cuves placées sous un hangar couvert, à l'état d'une pâte molle, dont on détermine rigoureusemsnt par un essai la teneur en argile sèche, chaque fois qu'on veut s'en servir pour la préparation de l'outremer.

D'un autre côté, on prend le sulfate de soude impur, résidu de la fabrication de l'acide hydrochlorique, on le concasse en morceaux de 1 décimètre cube environ, que l'on plonge un instant dans l'eau, parce que l'expérience a prouvé que l'acide libre se dégage beaucoup plus aisément d'un sel humide que d'un sel desséché; puis on les charge sur la sole d'un fourneau à réverbère, que l'on remplit presque jusqu'à la voûte, en disposant les morceaux de telle sorte, que la flamme puisse circuler aisément sur leurs faces. On chauffe graduellement jusqu'au rouge naissant, et jusqu'à ce que tout l'acide libre ait été expulsé. Le sel calciné est aussitôt pulvérisé au bocard à sec ou entre des meules, en grains de la grosseur de ceux de la poudre de mine, et mélangé dans un tonneau tournant sur son axe, avec du charbon et de la chaux éteinte, dans les proportions suivantes :

Sulfate de soude.	100 parties
Charbon de bois pulvérisé. .	33 —
Chaux éteinte à l'air. . . .	40 —

Ce mélange est introduit sur la sole d'un fourneau à réverbère et recouvert de 3 à 4 centimètres de chaux éteinte, que l'on tasse dessus avec une pelle de fer. On ferme alors toutes les portes du fourneau, et dès que la masse est en pleine fusion, on la brasse vivement, en y rejetant quelques pelletées de charbon pulvérisé, puis on laisse reposer quelque temps, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de gaz enflammés de la surface du bain. On puise alors le sulfure de sodium avec des poches, et on le verse dans des moules plats en fonte où il se solidifie.

On dissout dans l'eau bouillante le sulfure de sodium mélangé de carbonate de soude ainsi obtenu, puis on laisse clarifier la dissolution, à l'abri du contact de l'air, dans des cuves de dépôt, où elle abandonne du carbonate et un peu de sulfate de chaux, souvent un peu de sulfate de soude cristallisé, qui est calciné et retraité comme il vient d'être dit, et du charbon très divisé qui ne se dépose qu'au bout de quelques jours. Il est très important de laisser reposer le plus longtemps possible, parce que les moindres particules de charbon suffisent pour altérer le feu de l'outremer. On sature ensuite à chaud, cette dissolution décantée, avec du soufre réduit en poudre, et on la concentre par l'ébullition jusqu'à ce qu'elle renferme 25 pour 100 de bi-sulfure de sodium sec; elle a alors une densité d'environ 1,30 et marque 25° à l'aréomètre de Baumé. On emploie 40 à 50 parties de soufre par 100 parties de proto-sulfure de sodium fondu. Après avoir laissé la dissolution de sulfure de sodium déposer le léger excès de soufre qu'elle renferme, on la transvase dans de grandes cruches en verre, que l'on bouche avec soin, pour la préserver du contact de l'air, et pouvoir la conserver jusqu'au moment où on doit l'employer.

Les matières premières étant préparées, on procède comme il suit à la fabrication de l'outremer : on évu-

Digitized by Google

pore jusqu'à consistance sirupeuse, dans une chaudière plate en fonte, 50 kilogr. de la dissolution de sulfure de sodium ci-dessus, puis on y ajoute une quantité d'argile lavée, encore humide, correspondante à 12 kilogr. 1/2 d'argile sèche, et on mélange le tout aussi intimement que possible à l'aide d'une forte spatule en fer. Pendant que la masse se laisse encore brasser aisément, on y ajoute, par petites portions, une dissolution de 150 gr. de sulfate de fer cristallisé, complétement exempt de cuivre, et on mélange le tout avec le plus grand soin ; on peut, si l'on veut, ajouter d'abord la dissolution du sulfate de fer, puis ensuite l'argile. Aussitôt après l'addition du sulfate de fer, le mélange prend une couleur vert jaunâtre, due à la formation du sulfure de fer ; on continue à le brasser jusqu'à complète évaporation à siccité, et, après l'avoir détaché de la chaudière, on le réduit immédiatement à sec en poudre aussi ténue que possible.

Cette poudre est chargée dans des moufles de $0^m,50$ à $0^m,60$ de largeur sur $0^m,30$ à $0^m,35$ de hauteur, et $0^m,80$ de profondeur, placées dans des fourneaux à réverbère appropriés, de manière à former sur la sole une couche de $0^m,06$ à $0^m,08$ d'épaisseur, ce qui correspond pour chaque moufle à un poids de 15 à 20 kilogr. On active progressivement le feu jusqu'à ce que toute la masse soit arrivée au rouge, et on la laisse dans cet état pendant trois quarts d'heure à une heure, en renouvelant fréquemment les surfaces et en donnant libre accès à l'air. La masse se colore successivement en brun de foie, rouge, vert et bleu. Cette opération réclame beaucoup d'attention et d'habitude ; une chaleur trop faible ne produit point d'outremer, tandis qu'une chaleur trop forte et trop longtemps prolongée en altère la beauté.

On retire alors la matière de la moufle et on l'épuise en la lavant avec de l'eau. Les eaux de lavage, qui renferment du sulfure de sodium, du sulfate et du sous-sulfate de soude, n'ont reçu jusqu'ici aucun emploi, mais on pourrait s'en servir pour préparer du sulfure de sodium. Les résidus du lavage sont égouttés dans des chausses en toile d'un tissu serré, puis desséchés à l'étuve. Leur couleur est le plus ordinairement d'un vert ou bleu noirâtre.

La masse desséchée est ensuite finement pulvérisée et passée au tamis de soie, puis calcinée de nouveau par portions de 5 à 7 kilogr., dans des moufles qui ne servent qu'à cette opération, et qui ont de $0^m,45$ à $0^m,50$ de largeur sur $0^m,80$ à $0^m,90$ de profondeur. On entretient un feu modéré, et une chaleur rouge peu intense suffit pour produire la couleur désirée. Aussitôt que la couleur bleue commence à paraître, on renouvelle constamment les surfaces avec un ringard en fer, jusqu'au moment où la couleur est devenue d'un beau bleu pur ; l'opération dure de 1/2 à 3/4 d'heure. Il n'y a aucun avantage à la prolonger ou à augmenter l'intensité du feu. On retire la poudre et on la laisse refroidir, au contact de l'air, sur des plaques de granite. Il arrive souvent, mais pas toujours, que la couleur acquiert par le refroidissement bien plus de feu et de beauté.

L'outremer est ensuite broyé sous des meules de granite, puis séparé par lévigation, en diverses sortes qui portent les numéros 0/0, 0, 1, 2, 3, 4, etc...

P. DEBETTE.

OXALATES. Les oxalates sont les sels formés par l'acide oxalique. Lorsqu'on les calcine en vase clos, ils se décomposent et donnent des carbonates, si les bases sont fortes ; des oxydes, si elles sont faibles ; et même les oxydes sont ramenés à l'état métallique, s'ils sont facilement réductibles : il n'y a jamais de résidu charbonneux. Chauffés avec l'acide sulfurique concentré, ils dégagent des volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Avec les sels de chaux, ils donnent un précipité blanc.

Le *bi-oxalate de potasse* est peu soluble dans l'eau. Si on neutralise la dissolution par la potasse, on obtient l'*oxalate neutre de potasse*, qui est beaucoup plus soluble ; si, au contraire, on ajoute un excès d'acide oxalique, on obtient le *quadroxalate de potasse* moins soluble que les deux précédents. Le bi-oxalate, plus connu sous le nom de *sel d'oseille*, se trouve tout formé dans plusieurs végétaux, et en particulier dans l'oseille, d'où on le retire en pilant la plante, en extrayant le jus, lui faisant jeter un bouillon pour le clarifier (1), filtrant à travers une toile, évaporant jusqu'à pellicule, laissant ensuite cristalliser dans des terrines, et purifiant les cristaux obtenus en les redissolvant et les faisant cristalliser de nouveau. On prépare directement en France la plus grande partie de ce sel, en neutralisant une certaine quantité d'acide oxalique par une dissolution de potasse, ajoutant une quantité égale d'acide oxalique et faisant cristalliser. Le sel d'oseille est très employé pour enlever les taches d'encre. On s'en sert pour faire la *limonade sèche*, qui n'est autre chose qu'un mélange de ce sel avec du sucre en poudre et quelques gouttes d'essence de citron. Les *pastilles contre la soif* se font en ajoutant au mélange précédent du mucilage de gomme adragante, de manière à en faire une pâte qu'on divise en pastilles au moyen d'un emporte-pièce.

Le *bi-oxalate de soude*, qui peut remplacer le précédent, se trouve dans quelques végétaux marins ; on peut aussi le préparer directement.

L'*oxalate d'ammoniaque* se prépare directement, en saturant l'acide oxalique par de l'ammoniaque, évaporant jusqu'à pellicule et faisant cristalliser ; il est très employé dans les laboratoires pour séparer la chaux dans les analyses chimiques.

ACIDE OXALIQUE (*angl.* oxalic acid, *all.* kleesaüre). Cet acide se décompose par la chaleur, ou, lorsqu'on le chauffe avec de l'acide sulfurique, en volumes égaux d'oxyde de carbone et d'acide carbonique sans résidu, il précipite les sels de chaux en blanc. Il forme des sels anhydres, d'où l'on tire pour sa composition :

Carbone. . . .	33,77	C^2O^3
Oxygène. . . .	66,23	

Mais isolé, à l'état libre, il renferme toujours au moins, lorsqu'il est desséché, 1 équivalent ou 19,90 pour 100 d'eau, et cristallisé, 3 équivalents ou 42,70 pour 100 d'eau.

On retire cet acide du sel d'oseille ou bi-oxalate de potasse, en le précipitant par l'acétate de plomb. On décompose l'oxalate de plomb obtenu par l'hydrogène sulfuré ou par l'acide sulfurique, en faisant digérer la liqueur, dans ce dernier cas, avec de l'oxalate de baryte pour se débarrasser de l'excès d'acide sulfurique.

Le sucre, l'amidon, le ligneux, et, en un mot, la plupart des matières organiques, se transforment en acide oxalique, quand on les traite par une quantité convenable d'acide nitrique. C'est maintenant ainsi qu'on le prépare presque toujours pour les besoins du commerce. En général, on préfère le sucre, quand on veut l'obtenir pur avec facilité. Avec 3 parties de sucre et 30 parties d'acide nitrique à 1,42 de densité, on peut produire une partie d'acide oxalique. Il faut chauffer d'abord avec ménagement, puis faire bouillir le mélange, et évaporer la liqueur jusqu'à consistance presque sirupeuse. Le dégagement de gaz acide carbonique et de vapeurs nitreuses est très abondant ; celles-ci peuvent être employées pour la conversion du soufre en acide sulfurique. Les cristaux que l'on obtient doivent être égouttés et soumis à une nouvelle cristallisation.

L'acide oxalique est employé comme mordant dans la fabrication des toiles peintes, ainsi que pour enlever les taches d'encre et de rouille.

(1) On facilite cette clarification en ajoutant du blanc d'œuf ou même du noir animal.

Digitized by Google

OXYDATION. Voyez ÉTAMAGE.

OXYDES. Nom générique des combinaisons binaires de l'oxygène avec les autres corps simples. Les oxydes de tous les métaux, dont nous nous occuperons exclusivement dans cet article, sont tous solides; il n'y en a qu'un très petit nombre qui jouissent de l'éclat métallique : tels sont les fers oxydulé et oligiste, quelques oxydes de manganèse, etc. ; ils perdent cet éclat par la trituration; leur couleur est, en général, différente de celle du métal qui les produit : cette couleur est souvent très belle et très éclatante; aussi cette classe de corps fournit des matériaux précieux à la peinture. Leur densité est toujours moindre que celle du métal qui leur sert de base. Ils sont inodores, excepté ceux d'antimoine et d'osmium à l'état de vapeurs. Ils sont tous fixes ou à peu près, à l'exception du protoxyde d'antimoine et des acides molybdique et osmique. Un grand nombre sont fusibles. La chaleur réduit complétement les oxydes d'argent, de mercure, d'or, de platine et des nombreux métaux qui accompagnent ce dernier. Elle ramène à un moindre degré d'oxydation les peroxydes et deutoxydes de chrôme, de manganèse, de plomb, etc. ; beaucoup de protoxydes se peroxydent par le grillage. Le carbone, mélangé intimement avec les oxydes, les réduit presque tous; il en réduit même un grand nombre par cémentation. L'hydrogène et le soufre sont dans le même cas. Par voie sèche, le chlore attaque tous les oxydes, lorsqu'ils sont mélangés de charbon. Le fer et l'étain réduisent, à l'aide de la chaleur, les oxydes de presque tous les métaux. Les oxydes sont presque tous insolubles dans l'eau; mais ils sont tous susceptibles de se combiner avec elle pour former des *hydrates*.

Les acides ont une grande tendance à se combiner avec les oxydes, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrates, pour former des sels. Cependant il y a certains oxydes, comme les peroxydes de manganèse et de chrôme, qui ne se dissolvent dans les acides qu'en abandonnant une certaine portion de leur oxygène. L'acide nitrique dissout la plupart des oxydes, à l'exception des peroxydes d'étain, d'antimoine, de plomb, de manganèse, etc. ; il suroxyde, à l'aide de la chaleur, les protoxydes de fer, de cuivre, de mercure, d'étain, d'antimoine, etc. L'acide sulfurique se combine aisément avec la plupart des oxydes; cependant il paraît généralement moins énergique sous ce rapport que l'acide hydrochlorique, qui les dissout presque tous, en donnant lieu à un dégagement de chlore avec beaucoup de peroxydes, celui de manganèse, par exemple.

Quelques oxydes métalliques, jouant pour la plupart le rôle d'acides, sont susceptibles de se combiner avec la potasse et la soude, soit par voie humide, soit par voie sèche, tels sont les oxydes de zinc et de plomb, les acides chrômique, stannique, antimonique, tungstique, uranique, etc. L'ammoniaque dissout, surtout lorsqu'ils sont à l'état d'hydrate, les oxydes de zinc, de cuivre, d'argent, les acides chrômique, tungstique, les oxydes de nickel, de cobalt, de fer, etc. Le nitre et le chlorate de potasse suroxydent par voie sèche tous les oxydes susceptibles de produire des peroxydes ou des acides permanents à la chaleur blanche.

Les oxydes qui jouent le rôle des bases les plus fortes sont l'oxyde d'argent, les protoxydes de plomb, de fer, de manganèse, de nickel, de cobalt, de zinc, et les deutoxydes de mercure et de cuivre.

Les hydrates des oxydes blancs sont eux-mêmes blancs; ceux des oxydes colorés sont aussi colorés; mais leurs couleurs sont différentes de celles des oxydes. Ces couleurs sont souvent très belles et très brillantes. Les hydrates sont, en général, très facilement décomposables par la chaleur ; quelques-uns, celui de deutoxyde de cuivre par exemple, se décomposent même dans l'eau bouillante. Ils sont tous beaucoup plus facilement attaquables par les acides et par les alcalis que leurs oxydes. Ils ne se forment pas directement : on ne les obtient qu'en précipitant les dissolutions métalliques par les alcalis caustiques en excès.

Les oxydes étant en très grand nombre, on ne peut les obtenir tous par les mêmes procédés. On en trouve un grand nombre, dans le règne minéral, à l'état de pureté parfaite. Quelques-uns n'existent qu'en combinaison, à l'état de sels, et ne peuvent être isolés sans se décomposer, les protoxydes de fer et de mercure, par exemple. On les prépare par l'un ou l'autre des procédés suivants.

1° On expose au contact de l'air un métal en fusion et l'on enlève l'oxyde à mesure qu'il se forme à la surface du bain (litharge, etc.).

2° On grille, à une chaleur convenable, un oxyde susceptible d'absorber encore de l'oxygène (minium, etc.).

3° On calcine, à une température plus ou moins élevée, les peroxydes susceptibles de perdre une certaine dose d'oxygène par l'action de la chaleur (oxyde rouge de manganèse, etc.).

4° On chauffe le mélange d'un oxyde et du métal correspondant dans des proportions convenables (protoxydes d'antimoine, de cuivre, etc.).

5° On fait passer un courant de vapeur d'eau sur un métal réduit en limaille et chauffé au blanc dans un tube de porcelaine (oxyde de fer magnétique).

6° On fait bouillir un métal avec de l'acide nitrique concentré, on évapore à sec et on calcine au rouge (peroxyde de fer, acide antimonieux, acide stannique, etc.).

7° On traite un oxyde intermédiaire par l'acide nitrique, lorsque cet acide peut le partager en protoxyde soluble et en peroxyde insoluble (peroxydes de plomb, de manganèse, etc.).

8° On précipite une dissolution métallique, soit par un alcali caustique, soit par un carbonate alcalin, et l'on calcine le précipité, qui est un hydrate ou un carbonate. On prépare par ce moyen un très grand nombre d'oxydes.

9° On précipite une dissolution métallique par un hypo-chlorite alcalin, on obtient un chlorure soluble et un peroxyde hydraté, que l'on peut souvent amener à l'état anhydre sans le décomposer, en le chauffant avec ménagement (peroxydes de manganèse, cobalt, etc.).

10° On prépare, le plus souvent, les oxydes métalliques qui jouent le rôle d'acide, en traitant par le nitre, à la chaleur rouge, les oxydes ou les minéraux qui renferment le même radical et en décomposant ensuite le sel de potasse qui se produit par un acide plus fort (acides *chrômique*, etc.).

OXYGÈNE (*angl.* oxygen, *all.* sauerstoff). Corps simple gazeux, permanent, incolore, insipide, inodore, dont la densité = 1,1026. L'eau en dissout 0,035 de son volume, quantité insignifiante en poids. Comprimé avec force et rapidité dans un corps de pompe, il développe de la lumière et une chaleur suffisante pour allumer de l'amadou. C'est de tous les corps celui qui active le plus la combustion. Le protoxyde d'azote seul partage avec lui, mais à un moindre degré, cette propriété qu'il doit à l'oxygène qu'il renferme. C'est le seul gaz propre à la respiration et susceptible de transformer le sang veineux en sang arteriel : son action est tempérée dans l'air que nous respirons par le mélange d'un gaz inerte, l'azote. A la température ordinaire, l'oxygène n'agit que sur un très petit nombre de corps; mais, quand on les chauffe au rouge, un certain nombre, le fer par exemple, brûlent dans ce gaz avec un éclat que la vue ne peut supporter. L'oxygène est de tous les éléments celui qui est le plus répandu dans la nature ; il fait partie de l'immense majorité des substances minérales qui composent l'écorce terrestre; il constitue

Digitized by Google

les 0,21 de l'air atmosphérique et les 0,889 de l'eau.

On prépare ce gaz, soit en calcinant du peroxyde de manganèse au blanc, dans une cornue : il se forme alors de l'oxyde rouge de manganèse, et il se dégage le tiers de l'oxygène que renfermait le peroxyde, soit en traitant à chaud le péroxyde de manganèse par l'acide sulfurique : il se forme du sulfate de protoxyde de manganèse, et il se dégage la moitié de l'oxygène que renfermait le peroxyde; soit enfin en chauffant avec ménagement, dans une petite cornue de verre, du chlorate de potasse : il se forme d'abord du chlorure de potassium et de l'hyperchlorate de potasse, lequel se décompose lui-même à une température plus élevée, en laissant un résidu de chlorure de potassium, et il se dégage en tout 6 équiv. d'oxygène ou 32 pour 100 environ du poids du chlorate employé.

P

PACKFONG. Voyez NICKEL.

PAILLE. Voyez CHAPEAUX DE PAILLE.

PAILLETTES. Petits disques minces percés dans le milieu. Voyez CANNETILLE.

PAIN. La confection du pain consiste en deux opérations distinctes : la préparation de la pâte, nommée pétrissage, et la cuisson de cette pâte quand elle a été pétrie et mise sous la forme qu'on veut donner au pain.

La conversion de la farine en pain se fait en l'hydratant de manière à dissoudre ses parties solubles, la glucose et la dextrine et à pénétrer d'eau les principes insolubles, tels que l'albumine, la caséine, la fibrine et la fécule. Mais, par une simple addition d'eau et un pétrissage prolongé, le pain que donnerait la farine ne consisterait qu'en une masse compacte, lourde et indigeste. Il est nécessaire de recourir à un agent qui, en déterminant la fermentation de la pâte, développe de l'acide carbonique. Ce gaz, en se dégageant, augmente le volume de la pâte et y produit des vides nombreux ; pendant la cuisson, ces vides augmentent de volume, en même temps que la vapeur d'eau qui se dégage ajoute encore au gonflement du pain.

L'effet utile de la fermentation panaire consiste donc dans le dégagement du gaz acide carbonique; de plus, il y a production d'alcool et d'acide acétique dont l'odeur accuse la marche de l'opération.

La cuisson de la pâte, tout en éliminant l'excès d'eau, forme une croûte qui maintient la forme du pain et, par sa cohésion, la défend des altérations spontanées; cette croûte, par l'altération de la matière organique, se colore d'autant plus que le pain est soumis à l'action d'une plus haute température et qu'il renferme plus d'eau.

L'agent employé, par les boulangers, pour faire lever la pâte est de deux sortes : le *levain de pâte fermentée*, et la *levure de bière* ou ferment. Ces deux matières peuvent s'employer ensemble ou séparément.

Le *levain* est une portion de pâte prélevée à la fin de chaque opération et qui est employée pour les pétrissages suivants; mais ce levain a besoin de subir plusieurs préparations qui le rendent apte à remplir son but. Il doit être placé dans un endroit où la température soit uniforme pendant toute l'année, et où rien ne puisse arrêter sa fermentation. On le laisse ainsi 7 à 8 heures pendant lesquelles son volume double sans que sa forme change; il est alors plus léger que l'eau et dégage une odeur spiritueuse agréable. On a alors ce que l'on nomme *levain de chef*. Environ 9 heures après la préparation de ce levain, on le pétrit avec une quantité d'eau et de farine suffisante pour doubler son volume, tout en conservant le mélange très ferme, on a ce que l'on nomme le *levain de première*. Six heures après ce second travail, on renouvelle ce dernier levain en préparant le *levain de seconde*, qui s'obtient en faisant subir au précédent un travail tout à fait semblable à celui qui a servi à le préparer, seulement on ajoute proportionnellement plus d'eau que de farine pour avoir une pâte plus molle. Le volume du levain a encore doublé par cette troisième opération. Enfin une dernière manutention, faite avec beaucoup de soin et semblable en tout aux précédentes, donne le *levain de tout point*, dont le volume doit être tel qu'il fasse le tiers d'une fournée en été et la moitié seulement en hiver.

Nous avons dit qu'on employait la levure de bière comme auxiliaire à la fermentation panaire; on en emploie un kilogramme pour deux fournées. Quand la levure, qu'on emploie sèche, n'a pas été falsifiée, elle active beaucoup le travail et fournit des pâtes très légères; employée en trop forte proportion, elle donne au pain une saveur désagréable, car elle s'altère rapidement ; aussi le pain doit être, dans ce cas, mangé tendre.

Lorsque le *levain de tout point* est prêt, on opère le *pétrissage*, opération qu'on peut diviser en quatre temps nommés : *délayure, frase, contre-frase et découpage*.

On commence par verser sur le levain toute l'eau nécessaire à la fabrication de la pâte et, à l'aide des mains ouvertes, on presse la masse de manière à la bien diviser en la rendant aussi liquide que possible, afin qu'il ne reste aucuns grumeaux. Quand la masse est bien délayée, on y introduit, portions par portions, la quantité de farine nécessaire à former la pâte; on opère rapidement le mélange sans retirer les mains. C'est de cette opération, qui constitue la frase, que dépend le bon pétrissage.

On ratisse alors le pétrin pour réunir toutes les portions de pâte en une seule masse, puis on contre-frase, c'est-à-dire qu'on relève la pâte de droite à gauche à la tête du pétrin, en la retournant en gros pâtons qu'on travaille successivement pour les reporter de gauche à droite. On soulève la pâte, on la replie sur elle-même pour l'étirer et ensuite la laisser tomber avec effort en la jetant sur les parties déjà travaillées, ce qui facilite le développement de la pâte en y permettant l'introduction de l'air.

On ratisse de nouveau le pétrin et on prend la moitié de la pâte pour l'employer comme levain à la fournée suivante.

On procède alors au *bassinage*, opération qui consiste à faire absorber à la pâte une plus grande quantité d'eau. Cette opération, qui est très fatigante, s'emploie souvent pour arrêter la fermentation.

On introduit généralement du sel dans le pain, surtout quand on doit le conserver; car le sel, tout en donnant du goût au pain, retarde sa fermentation. Le sel est jeté par poignées sur le levain avant d'y mettre l'eau. A Paris, on emploie un demi-kilogr. de sel par sac de farine du poids de 159 k. En Angleterre, on met 2 k de sel par sac de 125 k, quelquefois on met moitié sel et moitié alun.

On distingue, à Paris, trois sortes de pâtes : la pâte ferme, la pâte bâtarde et la pâte douce.

Digitized by Google

Dans la *pâte ferme*, il entre proportionnellement plus de farine que dans les autres, et elle donne moins de déchet à la cuisson, en outre le pain se conserve mieux en même temps que son pouvoir nutritif est plus considérable.

La *pâte douce*, moins riche en farine, demande un plus grand travail, mais sa cuisson est plus courte ; toutefois, si la pâte n'est pas bien apprêtée, elle donne un déchet considérable au four.

Quant à la *pâte bâtarde*, elle tient le milieu entre les deux autres, c'est la plus généralement employée.

La pâte, une fois pétrie, on opère sa division et sa pesée ; mais comme, par l'évaporation qui se produit, il y a une perte de poids, on est obligé d'en mettre un excédant qui permette de retrouver, après la cuisson, le poids fixé par les règlements.

On ajoute donc à la pâte en la pesant :

Pour les pains ronds de 6 kilog.,		61 décagrammes.	
Pour ceux de	4	» 49	»
Pour ceux de	3	» 43	»
Pour ceux de	2	» 28	»
Pour ceux de	1	» 18 à 19	»

Après avoir pesé la pâte, on lui donne la forme que les pains doivent avoir ; on a soin alors de la saupoudrer de farine pour qu'elle ne s'attache ni aux mains ni au pétrin.

D'après leur forme, on désigne les pains sous plusieurs noms, on distingue : les *pains fendus* longs ou courts ; les *pains sans grigne* ou à *grignon*, dont la fente, au lieu d'être dessus, comme pour les précédents, est faite sur le côté ; les *pains ronds* qui sont demi-longs et non fendus ; les *pains ronds* pleins ou évidés au centre, leur épaisseur est peu considérable.

Après avoir été pesée et façonnée, la pâte est mise dans des pannetons où elle fermente et prend son *apprêt* avant d'être enfournée. L'apprêt doit se faire dans un lieu où la température soit assez élevée pour favoriser la fermentation.

La *cuisson* des pains s'opère dans des appareils nommés *fours* ; ces fours, ordinairement en briques, varient de grandeur, mais gardent une forme constante, qui est celle d'une poire ou d'un œuf, et que la pratique a indiquée comme la plus favorable.

Les fours ordinaires ont 3 mètres de longueur sur 0m,33 à 0m,50 de hauteur. Pour rendre la combustion plus complète, on garnit ces appareils de trois conduits nommés *ouras* qui s'ouvrent dans le four, et qui vont, en passant sur la voûte, aboutir à la cheminée. Quand le feu est allumé on ferme la bouche du four, le triage se fait par les ouras. La chaleur perdue des fours est utilisée pour le chauffage de l'eau qui s'emploie dans le pétrissage.

Les fours sont chauffés avec du bois ou tout autre combustible donnant une flamme claire et vive ; on fait ordinairement usage de bouleau et de sapin. On doit surtout éviter l'emploi des bois peints, qui pourraient communiquer à la pâte les propriétés nuisibles que leur peinture possède. Il faut que la chaleur se répartisse uniformément dans le four ; pour cela, on doit arranger le bois avec soin avant d'y mettre le feu.

Les boulangers retrouvent une grande partie du prix du combustible en vendant la braise qui en provient ; cette diminution de dépense est à peu près de moitié. Quand le four est assez chaud on retire la braise, et on écouvillonne la sole de manière à la rendre aussi propre que possible, puis on procède à l'enfournement ; on met sur l'un des côtés une boîte en tôle, nommée *porte-allume*, renfermant des petits morceaux de bois sec qu'on enflamme et qui éclairent l'ouvrier chargé de l'enfournement.

On place d'abord, en commençant, les plus gros pains au fond, et les plus petits, qui seront cuits les premiers, sont mis auprès de la bouche du four.

Le four chargé, on le ferme à l'aide d'une porte en tôle, qu'on ne retire qu'au bout de vingt minutes pour s'assurer si la cuisson marche bien. C'est à la couleur que prend la croûte qu'on juge du degré d'avancement de l'opération, et par conséquent du temps que le pain doit rester au four.

Les pains de 2 kilogrammes demandent 35 minutes de cuisson ; ceux de 4 kilogrammes, 50 à 60 minutes. On opère le défournement des pains en enlevant d'abord ceux qui sont à l'entrée, puis on continue graduellement jusqu'aux plus gros qui sont au fond du four.

On reste 10 à 15 minutes pour décharger un four ordinaire. Les pains sont reçus dans des paniers afin d'éviter leur déformation ; il est indispensable que les pains soient bien cuits quand on les retire, car s'il fallait les remettre au four une seconde fois ils perdraient leur couleur vive et leur croûte se riderait.

Outre le pain ordinaire, les boulangers en confectionnent d'autres dont la vente est plus productive, car ces pains, qu'on désigne sous le nom de *pains de luxe*, ne sont soumis à aucune taxe. Leurs formes varient à l'infini, aussi ne nous en occuperons nous pas ; nous nous contenterons de décrire succinctement le mode de leur préparation.

Pains de gruau. On désigne sous le nom de pains de gruau les petits pains faits avec des farines dites de gruaux sassés, et qui, par cette raison, sont plus blancs que ceux obtenus à l'aide de la farine ordinaire.

Quand la consommation de ce pain est considérable, on opère sa préparation comme celle du pain ordinaire ; on a un levain exprès, qu'on emploie dans les mêmes proportions que dans la panification de ce dernier. Lorsqu'au contraire le débit des pains de gruau est faible, on a recours au levain artificiel qu'on prépare avec la levure de bière. Le reste des opérations est identique à celles décrites précédemment.

Pains à café. Les pains désignés sous le nom de pains à café sont obtenus à l'aide de farine de gruau de qualité secondaire, en faisant usage du levain artificiel, ou mieux encore, en faisant usage de la pâte qui sert à la confection des pains de gruau, en employant le levain ordinaire ; dans tous les cas, la pâte doit être bien battue et soufflée, de manière à être rendue très légère. La qualité de ces pains dépend essentiellement du travail que l'on donne à la pâte, qui doit être aussi douce que possible.

Les *pains mollets* et les *pains à soupe* sont préparés avec la pâte des pains à café ; les derniers sont tout en croûte lorsqu'ils sont cuits.

Les pains dits *navette*, *flûte crevée*, *pains de tête*, etc., se font à l'aide de la pâte ordinaire, sans travail particulier, seulement on expose la pâte à l'air afin qu'elle n'ait pas trop d'apprêt au moment de la tourner.

Les *bonaparte*, *pain rond*, *giberne*, *artichaut*, se font également avec la même pâte, mais rendue plus ferme.

Pain de dextrine. Le pain de dextrine est un aliment ayant une saveur agréable et une odeur aromatique propre aux meilleures farines ; ce pain, cependant, s'obtient généralement avec des farines altérées, car en ajoutant un peu de sucre ou de glucose à une farine, on retarde la fermentation de la matière azotée. Pour obtenir le pain de dextrine, il faut mélanger 2 à 4 p. 100 de matière sucrée à la farine ; ce mélange donne un pain dont la mie est spongieuse et régulière, tandis que la croûte a un aspect appétissant.

Pains viennois. Les pains viennois se font en ajoutant du lait à la pâte qui sert à les préparer. On emploie dans le pétrissage 1 partie de lait pour 4 p. d'eau ; on a alors recours au levain artificiel en quantité plus considérable. Ces pains se vernissaient autrefois à l'aide d'albumine ou blanc d'œuf ; aujourd'hui cette opération se fait sans rien ajouter, en opérant la cuisson sous l'action d'un courant de vapeur d'eau. La vapeur aug-

Digitized by Google

mente les effets de la réaction qui caramélise la surface du pain. Pour arriver à ce résultat on chauffe le four comme à l'ordinaire, seulement on nettoie avec un tampon de paille mouillée le devant de la sole du four ; il y a formation de vapeur, on enfourne les pains et on ferme la porte. La vapeur produite forme en avant du four un nuage qu'on a soin d'entretenir, et qui agit sur le pain en le vernissant.

Pain de gluten. Ce pain s'obtient avec le gluten d'une farine qu'on a privée de son amidon ; c'est un aliment qui est très nutritif, car il ne renferme que la matière azotée de la farine. Ce pain léger est excellent pour les malades qui ne peuvent prendre que peu de nourriture.

Pain de munition. De tous les pains, celui de munition est certainement le plus mauvais ; cela tient à trois causes : 1° au défaut de nettoyage des blés livrés à l'administration de la guerre ; 2° à la mauvaise manipulation de la pâte ; 3° enfin à une cuisson toujours défectueuse.

A Paris, où le pain de munition est le moins mauvais, il se fabrique avec un mélange de :

Deux cinquièmes de farine dite *deuxième ;* cette farine est la qualité immédiatement inférieure à celle employée pour le pain ordinaire.

Deux cinquièmes de farine dite *troisième*, qui est la première qualité des farines bises.

Un cinquième de farine dite *quatrième ;* c'est la dernière qualité au-dessous de laquelle il n'y a plus que les remoulages.

Le mélange de ces trois sortes de farines donne un pain d'une couleur grisâtre, pour la fabrication duquel on emploie beaucoup de levain, qui permet à la pâte de prendre son apprêt sans qu'on soit obligé de la travailler beaucoup.

Dans les manutentions militaires on veut des boulangers qui appartiennent à l'armée, et qui, par conséquent, entrent en campagne avec leurs corps, en emportant avec eux le matériel qui leur est nécessaire.

En campagne, on met plus d'eau dans le pain de munition, ce qui facilite le délayage et donne un rendement plus considérable ; mais comme l'excès du poids obtenu est dû à l'eau, ce rendement est illusoire et, de plus, nuisible à la santé du soldat, car l'eau étroitement renfermée dans la croûte compacte du pain en produit l'altération rapide.

Dans les boulangeries militaires, 24 hectolitres de farine ou 16 sacs, rendent onze fournées ; ce volume représente un poids de 2.544 kilogrammes de farine, auxquels on ajoute 2.096 kilogrammes d'eau, et 4 kilogrammes de sel pour former la pâte.

On obtient 2.486 pains, pesant chacun 1k,5, ce qui fait un rendement de 3.729 kilogrammes ; il y a eu, par la cuisson, 911 kilogr. d'eau évaporée.

Pour obtenir ces 3.729 kilogr. de pains, on emploie 880 kilogr. de bois sec, et le personnel se compose de trois boulangers, deux aides et un chauffeur.

Dans le pain tendre ordinaire, il y a 5/6 de mie contenant 45 p. 100 d'eau, et 1/6 de croûte renfermant 15 p. 100 d'eau seulement.

Le pain tendre de munition renferme aussi 5/6 de mie, mais cette mie contient 51 p. 100 d'eau ; il y a également 1/6 de croûte à 16 p. 100 d'eau. Si on établit une comparaison entre la quantité d'eau totale renfermée dans ces deux espèces de pains, on voit que le pain tendre ordinaire renferme 40 p. 100 d'eau, tandis que le pain tendre de munition en renferme 45 p. 100.

Biscuit. On nomme biscuit une sorte de pain inaltérable, très sec, en forme de galettes fort minces, et qui est destiné à la nourriture des marins pendant les voyages au long cours. Le biscuit se fabrique dans les ports de mer : on prend, pour le levain de la pâte, 1 partie de levain de bière et 2 parties de farine ; le délayage se fait comme à l'ordinaire, on frase plus court et la pâte doit être très ferme ; le pétrissage terminé, on travaille la pâte par parties, en donnant à chacune d'elles la forme d'un biscuit. Les galettes sont disposées sur des tablettes situées dans un lieu aéré et frais, afin d'éviter la fermentation. La cuisson s'opère dans un four chauffé beaucoup moins que pour le pain ordinaire. On perce chaque galette de plusieurs trous, afin de favoriser la cuisson et l'évaporation de l'eau. Le biscuit doit rester deux heures au four, ; au bout de ce temps, les galettes sont défournées et placées dans des caisses qui en contiennent de 25 à 50 kilogr. ; ces caisses sont portées dans une étuve placée au-dessous du four, ou la dessiccation s'achève.

On ne met pas de sel dans le biscuit, car le chlorure de sodium renferme toujours des chlorures déliquescents, qui en attirant l'humidité causeraient l'altération du biscuit.

Le bon biscuit est sec et cassant ; sa cassure est vitreuse et sa couleur jaune brunâtre ; sa mie, qui est blanche, se gonfle beaucoup dans l'eau. En Angleterre, le biscuit est préparé sans levain, ce qui le rend fade et l'empêche de bien tremper.

M. Rollet a proposé de séparer de la farine le son qu'elle renferme toujours, de délayer celui-ci dans l'eau pour en séparer les principes sucrés et solubles, et d'employer l'eau qui a servi à ce lavage pour la préparation de la pâte. Pour obtenir le biscuit par son procédé, M. Rollet prend 100 kilogr. de farine dont il extrait 18 kilogr. de son ; il reste donc 82 kilogr. de farine brute. Les 18 kilogr. de son traités par l'eau chaude, puis pressés, donnent une matière farineuse dont le pouvoir nutritif est représenté par celui de 9 kilogr. de farine ; on a donc en tout l'équivalent de 91 kilogr. de farine blanche, avec laquelle on prépare 420 biscuits pesant 89 kilogr. au sortir de l'étuve.

Pain de seigle. Cette espèce de pain s'obtient avec la farine de seigle ; mais comme cette céréale renferme moins de gluten que le froment, le pain qu'on en retire est moins nutritif que le pain fait avec ce dernier. La farine de seigle exige pour sa panification plus de levain que celle du blé, une eau plus chaude pour le pétrissage, enfin une pâte plus ferme, moins de sel et une plus longue cuisson. Le pain de seigle sert dans quelques pays pour la nourriture de l'homme, mais généralement on l'emploie pour celle des chevaux.

Le *pain de méteil* s'obtient par un mélange de 2/3 de farine de blé et 1/3 farine de seigle.

Pain de pommes de terre. La panification de la pomme de terre a, depuis Parmentier, occupé un grand nombre de savants et de sociétés d'encouragement, qui promirent des récompenses à ceux qui atteindraient ce but ; aucun procédé n'a encore répondu à leur appel.

Le seul avantage qu'on retirerait de la panification de la pomme de terre serait de mettre ce tubercule sous un plus petit volume, et par conséquent d'éviter les frais de transport. Du reste, la pomme de terre est un pain tout fait qu'on peut arranger de vingt manières différentes, avantage qu'elle n'aurait plus une fois panifiée.

Pain de riz. De même que la pomme de terre, le riz ne pourra jamais être panifié avantageusement ; comme elle, il peut être préparé sous diverses formes. C'est aussi un pain naturel obtenu par le fait seul de la cuisson.

Le pain de riz, comme celui de pomme de terre, n'est pas nourrissant ; aussi, la fécule ou la pomme de terre bouillie et écrasée et le riz, ne peuvent-ils être mêlés à la farine de froment pour faire du pain sans qu'il y ait fraude, et fraude doublement grave, car le boulanger qui la pratiquerait, non seulement gagnerait beaucoup plus qu'il ne lui reviendrait, mais encore son pain n'aurait plus le même pouvoir nutritif. C'est également un tort, qu'a eu l'administration de la guerre, de vouloir

Digitized by Google

dans ces dernières années remplacer, aux soldats servant en Algérie, une partie de leur ration de pain par un poids égal de riz, le blé renfermant de 12 à 13 p. 100 de substance azotée, tandis que le riz n'en contient que 6 à 7 p. 100.

On a cherché souvent à panifier les farines de *haricots*, de *pois*, etc. ; c'est toujours dans les moments de disette que ces essais ont été tentés, le plus souvent, il faut le dire, pour frauder la farine de froment.

Des perfectionnements à apporter dans la fabrication du pain.

Dans ces derniers temps, de nombreuses améliorations ont été introduites dans la préparation du pain, et l'ont rendue une opération tout à fait industrielle.

C'est à l'emploi de pétrins mécaniques et de fours chauffés à l'air chaud que cette transformation remarquable s'est opérée. Sans nous arrêter à tous les essais qui ont été tentés pour perfectionner les différents pétrins mécaniques proposés, sans décrire tous les changements apportés successivement au four aérotherme, nous ferons connaître ces appareils tels qu'ils sont employés chez MM. Mouchot frères, boulangers à Montrouge, dont l'établissement est certainement le plus beau dans son genre, établissement où toutes les opérations se font, pour ainsi dire, d'une manière continue.

Le pétrin employé dans la boulangerie de Montrouge est celui de M. Fontaine.

C'est un cylindre à douves de 0m,04 d'épaisseur réunies par des cercles en fer ; ce cylindre, fermé aux deux extrémités et séparé en deux capacités par un diaphragme, porte un couvercle muni de charnières, et tourne autour d'un axe sur lequel sont fixés des bras ; le cylindre lui-même porte d'autres bras qui passent, quand il tourne, entre les bras de l'axe fixe autour duquel il se meut.

C'est dans les deux compartiments du pétrin que sont déposés les levains, on y ajoute la farine et l'eau nécessaires ; après avoir fermé le cylindre, on lui imprime un mouvement de rotation qui lui est transmis par une machine à vapeur. La vitesse est de 4 tours par minute ; 15 à 17 minutes suffisent au pétrissage, dont la fin est annoncée par une sonnette fixée au cylindre et mise en mouvement par une roue à rochets. Le pétrissage obtenu au moyen de cet appareil est excellent, il a, en outre, l'avantage de présenter une propreté qu'on ne trouve pas dans le pétrissage à bras d'homme ; le seul résultat qu'on n'obtienne pas en l'employant, c'est une fermentation aussi active que dans la même opération faite à bras, fermentation dont la rapidité, dans ce dernier cas, est due, sans le moindre doute, à la sueur des hommes qui pétrissent.

Cette fermentation trop lente a empêché jusqu'ici l'emploi des pétrins mécaniques dans les manutentions militaires, emploi qui faciliterait beaucoup la préparation du pain des soldats en campagne.

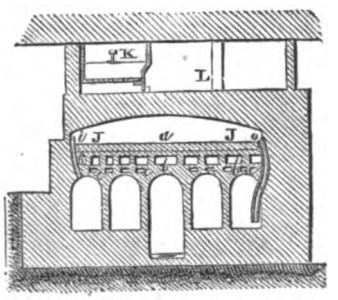
Les pétrins mécaniques étaient d'abord en bois, maintenant on les fait généralement en fonte.

Le four aérotherme employé par M. Mouchot est celui de MM. Lemare et Jametel, perfectionné. Aucun combustible ou fumée n'entre dans le four proprement dit ; un courant d'air chaud seul y pénètre par des orifices distribués au pourtour de la sole. Cet air, qui produit la cuisson du pain, est chauffé par un foyer inférieur alimenté par du bois ou du coke. L'air et la fumée suivent deux routes bien distinctes et ne peuvent se mêler.

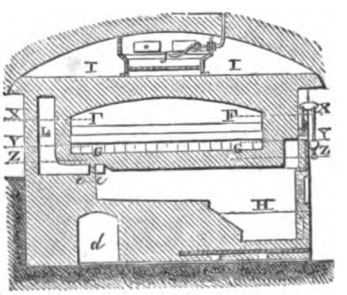
Aussitôt que le coke employé pour chauffer l'air est en ignition, l'ouverture par laquelle entre l'air, qui alimente le foyer, est fermée de la manière la plus exacte et la combustion continue, alimentée par l'air qui pénètre au travers des parois du foyer dont les pores sont dilatés par la haute température de l'appareil.

Ce four présente une grande économie de combustible, une grande économie de main-d'œuvre, une pro-

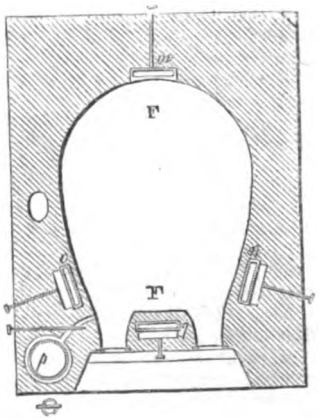
1968.



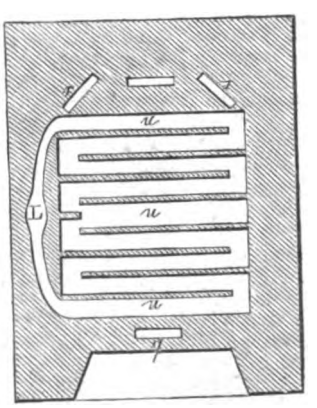
1967.



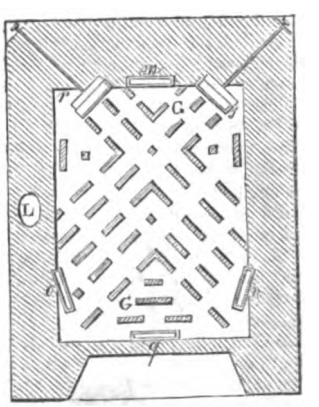
1964.



1966.



1965.



Digitized by Google

preté parfaite et surtout une cuisson excessivement régulière et ne laissant rien à désirer.

La cuisson dure une demi-heure, on fait 24 fournées par jour, chacune de 133 kilog. de pain pour 166 kilog. de pâte employée, ce qui fait qu'on peut obtenir avec un seul four 3192 kilog. de pain par jour, et on évapore ainsi 1296 kilog. d'eau, opération qui ne demande que 650 kilog. de coke.

Pour faciliter l'enfournement, deux becs de gaz sont disposés aux portes du four, et comme leurs supports sont à articulations, on les place de manière à voir successivement toutes les parties de la sole quand on les garnit de pains.

Les fig. 1964 à 1968 donnent connaissance de la construction du four aérotherme; dans ces cinq figures, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

F F, four où se cuit le pain.

G, G, canaux régnant sous toute la surface du four; il y circule de l'air chaud arrivant des voûtes placées autour du foyer.

H, foyer du four. On a renoncé aux grilles dans le foyer, car elles se brûlaient trop vite. Aujourd'hui le coke est simplement jeté sur la sole du foyer, on en remplit l'espace H, et on ne le renouvelle que trois ou quatre fois en 24 heures.

I, espace vide réservé au-dessus du four, il sert d'étuve.

J, chaudière maintenue pleine d'eau au moyen d'un robinet à flotteur; elle fournit l'eau chaude nécessaire au pétrissage.

L, cheminée où se rendent les produits de la combustion du foyer.

c, canaux conduisant la fumée du foyer H dans les canaux *u*, *u*.

u, *u*, canaux d'un long parcours où circulent les produits de la combustion avant de se rendre dans la cheminée L; ces canaux sont placés immédiatement au-dessous de l'espace G G, où circule l'air chaud.

r, *s*, canaux amenant l'air chaud du réservoir qui entoure le foyer dans l'espace G G, placé au-dessous de la sole du four.

n, *o*, conduits amenant l'air chaud de l'espace G G, dans le four F F.

m, canal amenant directement l'air chaud du réservoir placé autour du foyer dans le four F.

q, canal conduisant l'air chaud saturé d'humidité dans le réservoir inférieur. Cet air se réchauffe de nouveau pour revenir passer sur les pains; comme on le voit, c'est toujours le même air qui opère la cuisson.

p, chaudière chauffée par la chaleur perdue du four.

De l'adultération du pain. L'introduction dans le pain de substances salines nuisibles à la santé ayant lieu assez souvent, les chimistes se sont occupés des moyens de reconnaître ces additions de sels vénéneux. C'est à M. Kuhlman, de Lille, qu'on doit les procédés suivis pour arriver à ce but; nous nous contenterons d'en dire quelques mots en faisant connaître les matières qu'emploient les boulangers pour mêler au pain, et le but qu'ils se proposent en commettant ces adultérations qui peuvent devenir dangereuses.

A la suite des années 1816 et 1817, quelques boulangers de la Belgique et du nord de la France ont introduit dans le pain une certaine quantité de *sulfate de cuivre* en dissolution dans l'eau, un petit verre dans 125 kilog. de pâte; l'emploi de cet agent dangereux peut devenir fatal par la négligence d'un garçon boulanger, aussi est-il nécessaire d'empêcher cette opération qui pourrait, par suite d'une addition trop forte de cette liqueur dans la pâte, occasionner des inconvénients graves sur l'économie animale. Le sulfate de cuivre, ajouté au pain, permet de se servir de farines lâchantes ou humides, de qualité médiocre ou mêlée.

Quand le gluten s'altère, il se ramollit, et l'acide carbonique qui se produit pendant la fermentation ne fait plus d'œils au pain, qui est lourd et moins blanc. Le sulfate de cuivre, dans la proportion de 1/30,000 du poids du pain, remédie à cet inconvénient; il agit par son oxyde de cuivre qui, avec le gluten, forme un composé insoluble rendant la pâte tenace, plus blanche et pouvant absorber plus d'eau, ce qui augmente le rendement de 4 p. 100.

On reconnaît la présence du cuivre dans le pain en incinérant ce dernier, et traitant les cendres par l'acide nitrique; on se débarrasse des phosphate et carbonate de magnésie, en les précipitant par l'ammoniaque dont on sature ensuite l'excès par de l'acide acétique, puis ajoutant du prussiate jaune de potasse, qui donne à la liqueur une coloration rose ou rouge, suivant la quantité de sulfate employé. Cette coloration est due à un précipité de cyano ferrure de cuivre.

L'*alun*, à forte dose, joue le rôle de sulfate de cuivre; en calcinant le pain qui en renferme, on trouve de l'alumine en forte proportion dans les cendres.

Le *carbonate de magnésie* et le *bi-carbonate de soude* ont été employés, en Angleterre, pour faire gonfler le pain, par l'acide carbonique qu'ils dégagent pendant la cuisson : la soude et la magnésie se retrouvent dans les cendres du pain qui renferme ces sels.

Le *sulfate de zinc* a été employé dans le même but que le sulfate de cuivre; mais ses résultats ont été loin de répondre à ceux donnés par ce dernier, aussi ne l'emploie-t-on plus.

Plusieurs autres substances, telles que la craie, la terre de pipe et le plâtre, ont été employées pour falsifier le pain, en augmentant son poids et peut-être sa blancheur; mais comme ces matières ne peuvent augmenter sensiblement le rendement de la farine en pain que quand on les emploie en grande quantité, on reconnaîtra toujours facilement cette fraude en incinérant un certain poids de pain et en pesant les cendres. KNAB.

PAINS A CACHETER (*angl.* wafers, *all.* oblaten). La pâte des pains à cacheter ordinaires se fait avec de la belle farine delayée avec de l'eau pure et froide pour en former une bouillie claire que l'on verse dans des moules métalliques, légèrement échauffés, semblables aux fers à gaufrer, et que l'on a graissés avec un peu d'huile ou de beurre pour prévenir l'adhérence de la pâte; la feuille de pâte retirée du moule est ensuite découpée à l'emporte-pièce. On colore la pâte en rouge par le carmin ou, le plus souvent, par une décoction alunée de bois de Brésil; en bleu, par une dissolution alcoolique de sulfate d'indigo; en jaune, par du safran; en noir, par un mélange de sulfate de fer et de noix de galle; en vert, violet, etc., par un mélange des couleurs précédentes.

On obtient les pains à cacheter transparents en dissolvant de la belle gélatine, de la *grenetine* par exemple, dans une quantité d'eau suffisante pour que le liquide se solidifie par le refroidissement; on coule cette dissolution chaude sur une glace chauffée au moyen de la vapeur d'eau, légèrement enduite d'huile ou de beurre, et renfermée dans un cadre d'une hauteur déterminée par l'épaisseur de la feuille que l'on veut obtenir; on pose ensuite sur le cadre une une glace semblable qui fait sortir l'excès de matière, on laisse refroidir et on découpe à l'emporte-pièce la feuille obtenue.

PALAN. Sorte de *mouffle*. Voyez POULIE.

PALIER. Nom donné à l'ensemble d'un COUSSINET et de son support.

PALLADIUM. Métal découvert par Wollaston, en 1803, dans les minerais de platine. Il est d'un blanc presque aussi beau que celui de l'argent, très malléable, infusible à la température de nos fourneaux; sa densité = 11,5. Il est inaltérable à l'air, même au blanc. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent. On le sépare des autres métaux qui l'accompagnent en dissol-

Digitized by Google

vant le tout dans l'eau régale, et ajoutant du cyanure de mercure qui le précipite seul à l'état de cyanure insoluble que l'on lave et que l'on décompose par la chaleur.

On a trouvé depuis quelques années ce métal dans un grand nombre de minerais d'or et d'argent du Mexique. Sa rareté et, par suite, son prix très élevé en rendent l'usage très restreint. La propriété qu'il possède de résister aux émanations sulfureuses, sa blancheur, son beau poli l'ont fait employer avec succès à la fabrication d'instruments d'astronomie et de mathématiques, qui exigent une graduation exacte et délicate. Les dentistes font quelquefois usage d'un alliage d'environ 95 parties de palladium et de 5 parties d'argent.

PANORAMA. On donne ce nom à une perpective tracée sur une surface cylindrique verticale, à base circulaire, le point de vue étant pris sur l'axe même de cette surface, disposition qui procure un champ de vue bien plus étendu que les tableaux plans ordinaires.

PANTOGRAPHE. Voyez DESSIN INDUSTRIEL.

PAPIER. Les premières années de ce siècle ont vu faire un grand pas à la fabrication des papiers ; bien que né en France, le mode nouveau y demeura presque oublié ou mal compris. Ce ne fut que lors de la paix générale, que nous songeâmes à reprendre des Anglais l'idée qu'ils commençaient à rendre féconde. Cependant il restait beaucoup à faire pour s'assurer une fabrication régulière ; les organes mécaniques laissaient encore à désirer dans l'exécution, le choix et la distribution de leurs pièces. Ils durent être étudiés, et donnèrent lieu à un grand nombre de tâtonnements. Longtemps il en fut de même des manipulations des matières premières ; l'apparition du blanchiment au chlore ajouta au trouble. Mais enfin, laissant de côté les procédés hasardés et les superfétations, on a été conduit à adopter une méthode générale, qui se complète et se simplifie chaque jour. C'est donc de ce point de vue que nous devons examiner la série d'opérations qui constituent la fabrication actuelle du papier de machine ou papier sans fin. Nous consacrerons ensuite quelques mots à la fabrication dite à la main ou à la forme, et nous terminerons en indiquant quelques-uns des procédés ou machines que l'on considère, jusqu'à présent, plutôt comme annexes et non indispensables, que comme faisant partie obligée d'une fabrication complète.

Une raison d'économie a fait adopter dans la majeure partie des papeteries le travail mécanique continu ; celui des préparations est, pour la plupart, suspendu pendant la nuit.

Quels que soient les traitements, la matière première brute est transformée en pâte et celle-ci en papier ; et, sous chacune de ces trois formes, cette matière recevra, de la part d'agents chimiques et mécaniques spéciaux, des propriétés particulières, qui donneront à chaque produit un caractère bien distinct.

Depuis longtemps, un grand nombre d'essais ont été faits pour substituer aux vieux linges des matières ligneuses d'un prix d'achat moins élevé et dont la source fût plus abondante ; jusqu'à présent, les tentatives dirigées vers ce but n'ont pu encore l'atteindre complétement ; les manipulations sont restées dispendieuses, et l'infériorité des produits a dû en faire restreindre l'emploi. Tout porte à espérer, néanmoins, le succès prochain de ces efforts, et sans exclure totalement l'emploi des chiffons, cette nouvelle ressource procurerait l'avantage d'en faire diminuer le haut prix, et de nous garantir, de ce côté, contre l'approche d'une disette imminente.

La matière ouvrable qui remplit le mieux les conditions de bonté et de beauté qu'exige le papier, est celle qui peut se diviser en filaments d'une ténuité extrême, d'une grande longueur, eu égard à leur section transversale très petite ; lesquels, proportionnellement à cette section, résistent le mieux aux efforts de traction, et sont doués d'une flexibilité parfaite. Ainsi, on conçoit que pour une épaisseur donnée, aussi faible que l'est celle du papier, plus les filaments seront fins et contournés, plus il y aura de points de contact, soit d'attache ou de frottement ; l'étoffe n'en sera que plus serrée et la surface plus unie.

D'après ce que nous avons dit plus haut, nous devons reconnaître qu'il existe en abondance des matières filamenteuses renfermant dans leurs tissus organiques les éléments propres à la fabrication du papier, mais tellement associés entre eux, que l'obstacle à leur emploi gît uniquement dans la difficulté de les isoler sans attaquer leur organisation. Or, on se rendra facilement compte de la préférence que l'on continue à accorder à la matière ligneuse des vieux linges, si l'on considère par combien de traitement elle a dû passer, à partir de son extraction du végétal, et que la papeterie trouvant ainsi un véritable produit s'évite le travail des préparations antérieures.

Du chiffon. Les chiffons bruts arrivent en fabrique grossièrement triés ; ce premier classement fait par le marchand ne peut conserver un caractère de régularité, et à plus forte raison doit-il en être de même des provenances de localités différentes. On reconnaît ceux de bonne nature aux caractères généraux suivants : ils sont en grandes pièces, peu usés, propres, parfaitement secs, et cependant, pesants et souples sans mollesse ; consistent principalement en toiles de lin et de chanvre, peu ou point de coton, ni laine, ni soie. Quant aux chiffons de grosses toiles grossières non blanchies, aux cordes, aux cotons colorés, etc., on recherche dans les uns, les moins chargés de chenevottes ; dans les autres, des teintes claires et fraîches. A cet égard, comme dans toutes les acquisitions de matières premières qui ne peuvent pas être titrées, toutes les données de ce genre sont insuffisantes sans l'expérience pratique.

La classification à adopter en fabrique est subordonnée à la qualité des chiffons employés, aux ressources locales et aux sortes de papiers à fabriquer ; d'après leur nature, la division se ferait par lin, chanvre, coton, laine, soie, etc. ; puis, d'après leur état, en plus ou moins neufs ou usés, en blancs ou colorés, combinaisons dont le nombre est arbitraire, comme on le voit, mais produisant une certaine série d'espèces bien distinctes.

Pour arriver à ce résultat, il faut préalablement avoir recours au *délissage* ou *dérompage*, opération qui consiste à découdre et couper les chiffons pour séparer ceux qui n'ont point d'analogie entre eux ; il est à propos de mettre de côté les ourlets et coutures, comme parties moins usées et plus boutonneuses, surtout de détacher les boutons, agrafes, etc., et de faire tomber la poussière qui séjourne dans les plis et les coutures.

Tout en s'occupant du triage, on régularise, autant que possible, la dimension des chiffons en recoupant ceux qui excèdent une certaine grandeur ; dans quelques fabriques ce travail est réservé à une machine. Ils doivent avoir environ 5 centimètres sur 10 ; trop grands, ils engorgent les cylindres broyeurs et retardent le travail ; trop petits, ils se nettoient moins bien et font plus de déchet. Le coupage manuel et le choix s'opèrent à l'aide de l'installation suivante : sur une longueur proportionnée à la localité, sont disposés en ligne des bancs ou établis dont la tablette est en partie à claire-voie, divisée par de fortes traverses, et garnie d'une grille en fils métalliques ou en osier, distancés d'un centimètre. Si l'on doit travailler debout, la hauteur de ces établis est de 65 centimètres. Une lame de faux est passée dans une mortaise faite à une traverse et maintenue solidement par un coin de bois ; le dos de la lame est tourné et incliné vers l'ouvrière ; celle-ci prenant un chiffon entre le pouce et l'index tournés en dedans, elle le saisit ainsi des deux mains et l'appuyant sur le tran-

Digitized by Google

chant de la faux, elle lui donne un mouvement répété de bas en haut, parvient de la sorte et en variant convenablement à découdre les pièces, détacher les boutons, agrafes, etc. Les corps étrangers en poussière qui se détachent tombent à travers le grillage sous l'établi, et ne peuvent plus se répandre de nouveau dans le chiffon mis en main. La choisisseuse ou délisseuse jette au fur et à mesure, dans l'une des caisses placées devant elle, le chiffon qu'elle vient de couper, selon la qualité à laquelle il appartient.

Ce premier traitement, bien simple en lui-même et purement préparatoire, est celui qui exige le concours du plus grand nombre d'ouvrières. Leur travail demande non seulement de l'adresse, mais, de plus, l'intelligence du toucher et du coup d'œil. Aussi une surveillance des plus soutenue est-elle indispensable pour obtenir de chacune d'elles un triage conforme aux types d'espèces adoptés, et partant, un résultat total toujours parfaitement constant et correct. Si, sur un système de classification bien entendu, on réalise ces bonnes conditions, on aura fait le plus grand pas vers la partie économique comme vers la perfection des produits. Par contre, les chiffons choisis et coupés avec négligence, laissent des traces ineffaçables dans toutes les opérations ultérieures ; ils sont ordureux, se lavent mal, se triturent irrégulièrement, moins promptement et avec plus de déchet, détérioreront plus rapidement les cylindres et leurs platines; augmentent, en un mot, les frais en amoindrissant la valeur des produits.

En effet, si dans une masse de chiffons usés il s'en glisse de neufs, ceux-ci, résistant beaucoup plus aux actions mécaniques, produisent des paquets de filaments longs et clair-semés qui détruisent l'homogénéité de la pâte ; au contraire, si la quantité de chiffons durs domine sur celle des tendres, ces derniers seront sacrifiés, c'est-à-dire tellement triturés, qu'ils s'échapperont en grande partie avec les eaux de lavage, et que le restant aura perdu sensiblement quelque chose des propriétés coercitives qu'ils doivent fournir au papier. De même, on conçoit comment beaucoup de chiffons propres peuvent être gâtés par un peu de chiffon sale, et comme beaucoup de celui-ci n'est pas sensiblement amélioré par une partie minime de propres ; le même raisonnement est applicable aux coutures, puisqu'elles diffèrent du *plat* en dureté et en propreté. Enfin, il est de toute évidence que le dommage causé aux machines sera d'autant plus considérable qu'il restera plus de substances dures dans les matières livrées à leur travail, telles que sable, fer, acier, cuivre, etc.

Pour fixer les idées à l'égard d'une classification, prenons toutes les sortes que peut fournir le commerce intérieur et divisons, d'après ce qui précède, comme suit :

CHIFFONS DE FIL (*chanvre et lin*).

N^{os}	1	blancs, fins, propres et usés.		
	2	»	»	1/2 usés.
	3	»	»	non usés.
	4	»	sales.	
	5	»	coutures et ourlets.	
	6	»	gros, propres et usés.	
	7	»	»	non usés.
	8	»	»	traces de chenevotte.
	9	»	sales.	
	10	»	coutures et ourlets.	
	11	bleus,	fins.	
	12	bleus,	gros.	
	13	écrus, non chenevotteux, propres et mous.		
	14	»	»	» durs.
	15	»	»	» neufs.
	16	»	»	gris de vétusté, brûlés.
	17	»	»	coutures et ourlets.
	18	»	légèrement chenev. (toiles d'emballage).	
	19	»	très chenevotteux.	
	20	»	cordes blanches et ficelles.	
	21	»	cordes goudronnées.	

CHIFFONS DE COTON.

22	calicot blanc, propre.		
23	»	sale.	
24	»	ourlets.	
25	mousselines et broderies.		
26	cotonnes écrues ou bises.		
27	»	colorées, pâles.	
28	»	»	foncées.
29	»	»	roses.
30	»	»	bleues.

CHIFFONS DE LAINE.

31 chaîne, fil et trame laine.
32 divers non feutrés, feutrés et piqués sur toile, etc.

La soie et certaines laines seront expulsées, ainsi que beaucoup d'autres matières qu'il est inutile de signaler comme impropres à la fabrication ; d'un autre côté, on trouvera à employer des substances filamenteuses non indiquées ici, telles que : déchets des filatures de chanvre, de lin et de coton, rognures de peaux non tannées, etc., et enfin, dans la plupart des cas, on aura quelque raison d'étendre à un plus grand nombre, une partie quelconque de ces divisions, surtout si on se livre à une fabrication spéciale. Remarquons, en passant, que les toiles de lin sont plus tendres que celle de chanvre à apparence égale, qu'elles sont plus douces, moins solides et font plus de déchet, et que les toiles blanches d'étoupes sont généralement boutonneuses.

Les chiffons qui sortent du triage pour être mis en fabrication sont soumis à un contrôle que l'on nomme *grillage*, parce qu'il s'opère sur un cadre rempli par une grille en fils métalliques ou en osier, semblable à celles des bancs de délisseuses ; sa dimension en longueur dépend du nombre des ouvrières qui doivent en faire le service ; sa largeur est de 1^{m},20 environ ; elle est maintenue à hauteur convenable par des tréteaux ou mieux au-dessus d'une caisse. Les ouvrières grilleuses, munies de ciseaux, sont placées de chaque côté dans le sens de sa longueur et se faisant face ; le chiffon, pris à une extrémité de la grille, passe de mains en mains et doit arriver à l'autre bout, débarrassé de tout morceau étranger à la qualité que l'on retrie, de boutons et et agrafes oubliés et d'une certaine quantité de poussière graveleuse à laquelle la grille livre passage. Quant à l'extraction de la poussière ou nettoyage à sec, la précédente opération est bien loin d'être suffisante ; on a donc recours à un grillage mécanique ; il s'effectue au moyen d'une sorte de blutoir, de loup, appelé aussi diable. La disposition, bien que variable, a pour but d'ouvrir les chiffons par un froissement violent et d'en faire échapper le plus possible les matières poudreuses dont il est chargé. Il consiste ordinairement en un cône à axe horizontal ou en un cylindre un peu incliné, dont la moitié inférieure est en tissu métallique très solide à mailles de 7 à 10 millimètres d'ouverture, la moitié supérieure est un couvercle léger en bois ; dans l'intérieur de ce cylindre qui est fixe, est disposé sur le même axe un cylindre mobile en bois dont la surface est pleine, et qui porte implanté sur toute sa circonférence, en suivant une hélice, des petites palettes en bois très fort ou des broches de fer de 8 centimètres de longueur, le tout est porté par un bâti et fermé de toute part; des portes sont réservées pour le nettoyage. Le cylindre intérieur a un diamètre de 0^{m},60 et une longueur de 2^{m},40 ; le cylindre extérieur est de très peu plus long avec un diamètre de 80 centimètres; leur inclinaison est d'environ 5° ou de 60 centimètres; on donne à l'arbre du cylindre intérieur un mouvement de rotation de 150 à 200 tours par minute. Les chiffons sont introduits par la partie supérieure du couvercle et

Digitized by Google

ressortent, après avoir fait un grand nombre de révolutions, par l'extrémité opposée; il va sans dire que le tracé de l'hélice formé par les broches doit concourir, selon le sens du mouvement, à faire cheminer les chiffons de leur entrée à la sortie. La longueur des broches, leur distance entre elles et l'espacement des lignes d'hélices, se détermine d'apres la nature du chiffon. Soit, comme terme moyen, 6 centimetres entre les broches et 18 centimètres entre les hélices. Si on adoptait la forme conique, il ne serait pas nécessaire d'incliner l'axe; on chargerait le chiffon du côté du petit diamètre.

Toutes ces préparations à sec font faire aux chiffons un déchet compris entre 2 et 5 pour 100, en les supposant pris à l'état brut sans humidité; car, dans le cas de séjour dans une localité humide ou mouillé à dessein, ils supporteront facilement une surcharge qui pourra s'élever jusqu'à 7 pour 100 de leur poids en eau seulement, sans que, par le toucher, on puisse en reconnaître la présence. Du reste, quelles que soient les bonnes conditions dans lesquelles toutes ces matières peuvent être fournies, elles contiennent constamment, par le fait de leurs propriétés hygrométriques, quelques centièmes d'eau; cette propriété préexiste sans doute dans le papier, mais pas à un tel degré, surtout s'il est encollé; or, il faut aussi tenir compte de cette cause de déperdition, pour ne pas la confondre avec celles qui résultent réellement du travail.

Du lessivage des chiffons. La coction des chiffons a pour but de favoriser le départ des matières étrangeres au ligneux, la plupart desquelles, comme la crasse et certains principes naturels, sont amenés à l'état de dissolution; quelques-uns sont désagrégés, et d'autres, telles que les substances colorantes propres ou artificielles, résistent en grande partie et ne sont que préparés à recevoir plus efficacement l'action d'agents d'un autre ordre. Cette opération, lors même qu'elle se pratique sans l'intervention d'une lessive, conserve encore la dénomination de lessivage.

Il existe un grand nombre d'appareils de lessivage qui ont été préconisés; il ne s'agirait donc de la part du fabricant que de savoir choisir celui qui s'approprierait le mieux à ses besoins particuliers; mais, comme la plupart des avantages nouveaux qu'ils procurent compensent à peine de nouveaux inconvénients, nous conseillerons l'emploi de l'appareil le plus ordinaire, d'un établissement et d'un service facile: nous repoussons surtout ceux qui ont des formes angulaires, parce que la circulation du liquide et la répartition de la chaleur ne s'y font pas uniformément.

Soit un cuvier dont la contenance n'excède pas 500^k de chiffons, hauteur égale au petit diamètre, double fond percé de trous à 15 centimètres d'écartement et d'un diamètre de 2 centimètres; le double fond doit s'enlever au besoin; il est maintenu à 10 centimètres du fond; au milieu est fixé verticalement un tuyau de fonte ou de cuivre d'un diamètre intérieur de 8 centimetres, et dont la hauteur est de 6 à 7 centimètres au-dessous du bord supérieur du cuvier; son extrémité inférieure dépasse, en dessous, le double fond de 3 ou 4 centimètres; un couvercle en deux parties mobiles ferme le tout. Un tuyau de vapeur de 35 millimètres garni en haut d'un robinet et d'un reniflard, s'introduit du dehors entre le fond et le double fond, ou bien par le couvercle; cette dernière disposition n'exige pas de joint, mais il devient difficile de tasser le chiffon autour du tuyau, de manière à en empêcher le soulèvement par la vapeur; celle-ci, trouvant moins de résistance en ce point, fait une percée, s'échappe en abondance et en pure perte. L'extrémité plongeante de ce tuyau est ouverte, mais pincée, de manière à représenter une fente; on en pratique sur la partie qui s'étend entre les deux fonds, on diminue ainsi la violence des secousses produites par la condensation dans l'eau froide, secousses qui nuisent beaucoup à la conservation des joints. Une conduite d'eau de 4 centimètres alimente le cuvier par un robinet placé immédiatement au-dessus, et elle en sort par un trou de vidange percé à fleur du fond, muni d'un tampon ou d'un robinet de 4 centimètres au moins. Tel est l'appareil très simple de Widmer.

Pour lessiver, on foule les chiffons dans le cuvier jusqu'à 10 centimetres du bord; s'il y a lieu, on introduit ce qui doit constituer la lessive et on achève de l'emplir d'eau jusqu'à cette hauteur; le robinet de vapeur est ouvert et on compte l'opération du commencement de l'ebullition; celle-ci doit être soutenue sans être trop impétueuse, ce qui occasionnerait une grande dépense de vapeur; elle détermine par la colonne ou tuyau du milieu un mouvement ascensionnel de liquide, qui devient circulatoire dans tout le cuvier. Il faut éviter les refroidissements, ils sont préjudiciables à la propreté des chiffons. On termine en fermant le robinet de vapeur et ouvrant immédiatement celui de vidange, car il faut bien se garder de laisser refroidir l'eau de lessivage sur les chiffons; ceux ci reprendraient une portion de la crasse qu'ils auraient abandonnée, et retiendraient en outre une plus grande quantité d'eau. L'eau froide que l'on verse quelquefois sur les chiffons lessivés pour en hâter le refroidissement a l'inconvénient de les resserrer, de les durcir, de manière à prolonger sensiblement le travail de trituration; les cuviers doivent être garnis complétement, trois ou quatre heures avant la mise en vapeur: ce détrempage est favorable au lessivage, lequel doit être fait assez d'avance, pour que le maniement soit possible sans emploi d'eau froide. La durée de l'opération est mesurée d'après la nature des matières que l'on traite et leur destination particulière; elle n'est pas moindre de trois heures et n'excède guère six; si on jugeait nécessaire de la prolonger au-delà de ce terme, il serait plus avantageux de faire deux lessivages successifs, et de varier l'espèce ou la dose de lessive à employer dans chacune des cuites. Comme lessive, on emploie, terme moyen, 2 parties de sel de soude pour 100 p. de chiffons, de 70° par exemple, ce chiffre sera donc augmenté ou diminué; les toiles fines et cotons blancs propres en exigent peu, les toiles dures ou bises davantage; les toiles sales et les cotonnes colorées beaucoup plus encore. L'emploi de la soude ne trouve guère de limite, que lorsqu'elle donne lieu à une dépense qui excède la valeur de ses effets; ainsi, la crainte d'attaquer le nerf des filaments serait puérile, puisque l'on demeurerait au-dessous de la force alcaline qui constitue les bonnes lessives de ménage. L'action du lait de chaux ou de l'eau de chaux sur les matières grasses n'est pas dissolvante, elle attendrit le chiffon sans le nettoyer, elle rend sa surface sèche, elle est d'un bon emploi dans les chiffons propres, mais bis et chenevotteux; dans le rapport de 6 à 8 p. 100, elle fixe et concrète le goudron des cordes et toiles goudronnées, l'empêche ainsi d'adhérer aux toiles métalliques, feutres, etc. La chaux est employée à la caustification de la soude ou de la potasse, dans le but d'en augmenter l'énergie; en ce sens il n'y a aucun inconvénient, cela s'approprie même très bien au traitement des toiles neuves bises; mais les frais et l'embarras fréquent que cette préparation nécessite pour être bien faite, ne sont pas compensés par des avantages réels; l'acide carbonique, qui, dans ce cas, est arraché au carbonate de soude par la chaux, abandonne également la soude à la température de 100°, en présence des acides formés par la malpropreté.

On a proposé à plusieurs reprises l'emploi d'appareils de lessivage fonctionnant sous une pression supérieure à celle de l'atmosphère; cette méthode serait sans contredit d'un avantage immense, si le haut prix et les difficultés du service des appareils ne mettaient obstacle a

Digitized by Google

leur adoption. Une température de 120 à 130° serait très favorable à la désagrégation des faisceaux de filaments en attaquant les autres produits de la végétation qui les enveloppe et les unit. On obtient, mais imparfaitement, un résultat analogue en abandonnant les chiffons lessivés ou seulement mouillés à la fermentation ; celle-ci est d'abord acide, puis putride, il faut l'arrêter à point sous peine d'éprouver des pertes notables ; ce procédé, comme on le verra à l'article PAPIER A LA MAIN, demande plus de main-d'œuvre, de temps, et d'emplacement ; du reste, lorsque le local le permet, il devient d'une bonne application aux toiles non décolorées et grossières, surtout si elles sont dures et si la force motrice disponible est faible.

Le lessivage a une influence remarquable sur la substance du papier, la blancheur, les colorations, l'encollage et la solidité en sont modifiés. En effet, le chiffon souillé d'une multitude de matières hétérogènes, qui, pour la plupart sont grasses et acides, en offre quelques-unes qui résistent longtemps aux agents dissolvants ; si donc, on considère entre autres, un pinceau de fibres enveloppé d'une sorte de vernis préservateur du genre dont nous parlons, le chlore devient sans action sur la matière colorante, une matière colorante nouvelle ne saurait y être retenue, la colle ne peut s'y fixer, et les filaments sont moins serrés dans leur feutrage.

Nous avons aussi à constater l'action décolorante, peu puissante il est vrai, du lessivage ; il faut donc avoir l'attention de diminuer ou de supprimer l'emploi des alcalis lorsqu'on voudra conserver les couleurs ; si, au contraire, on voulait utiliser cette propriété, deux lessivages consécutifs, le premier à la soude, le second à la chaux, pâliraient et dissoudraient un grand nombre de teintes.

Lavage des chiffons. A proximité de l'atelier du lessivage ou des cylindres défileurs est disposé un appareil propre au rinçage du chiffon lessivé : c'est une caisse quadrangulaire en bois, élevée sur quatre pieds à $0^m,25$ du sol, ayant $0^m,65$ de profondeur, $0^m,90$ de long et $0^m,50$ de large ; un grillage métallique, suivant ces dimensions, est soutenu à l'intérieur à $0^m,15$ du fond ; une autre grille, mais plus légère, à mailles très ouvertes, est fixée sur un des grands côtés à $0^m,20$ au-dessous du bord de la caisse, de manière à se lever et se baisser comme un couvercle à charnière. L'un des bouts de la caisse porte une auge qui règne dans toute sa largeur, un peu en contre-haut du bord, à l'autre extrémité est pratiqué une vanne plongeant à $0^m,10$ en contre-bas des bords. La caisse étant remplie d'eau jusqu'à $0^m,10$ du bord, l'ouvrier y plonge une poignée de chiffons de 2 à 3^k, l'y agite en tous sens, rabat la grille supérieure qui était levée, donne de l'eau dans l'auget qui déverse dans la caisse ; il ouvre, un moment, la vanne, puis arrêtant l'arrivée et le départ de l'eau ; il relève la grille supérieure, enlève à la main ou avec un bâton le chiffon lavé ; prenant une nouvelle quantité de chiffons, il continue à procéder de la sorte, jusqu'à ce que l'eau de la caisse devenant trop sale, l'oblige à la vider complétement ; une vanne ou une bonde est percée à cet effet, à fleur du fond de la caisse. La disposition des deux grilles permet d'expulser la majeure partie des impuretés solides ; ainsi, le sable qui tombe reste au fond en traversant celle du bas destinée à porter les chiffons ; la grille supérieure étant abaissée, emprisonne les chiffons pour qu'ils ne soient pas entraînés au dehors par le courant d'eau avec les pailles, plumes, etc., lesquelles étant plus légères que l'eau traversent la grille et viennent surnager à la surface.

On a essayé de plusieurs moyens mécaniques pour opérer avec plus de célérité et d'économie ; des tambours immergés en partie ou en totalité, des lavoirs à lames modifiés, sont des moyens excellents de rinçage, mais insuffisants pour enlever des corps légers. Nous devons faire remarquer qu'il devient impossible d'isoler ces impuretés au milieu de toutes les opérations subséquentes, tandis que la crasse dissoute et les matières lourdes peuvent être parfaitement écartées. C'est à tort que, par un motif d'économie de main-d'œuvre, l'on néglige généralement l'usage de cette préparation si simple ; dans le cas où l'on faire *bien*, elle est évidemment indispensable ; si l'on veut faire beaucoup, il est clair qu'elle y conduit en abrégeant le temps de lavage des cylindres, et, en conséquence, diminue la perte de pâte qui se produit pendant le lavage et la trituration.

Défilage des chiffons. Ici commence la fabrication proprement dite : il s'agit de changer la forme de la matière première, détruire des tissus, désassocier des fibres textiles, les nettoyer totalement, puis les mêler entre elles de telle sorte qu'elles ne se présentent plus que sous l'apparence d'un tout homogène. On désigne ce produit par les noms de *pâte* ou d'*ouvrage*, dont on fait une distinction d'après son degré de trituration en *défilé* ou demi-pâte, et en *raffiné* ou pâte. La pile de cylindre est l'appareil dont l'heureuse disposition concourt le mieux à produire ces résultats : donnons une idée de sa construction.

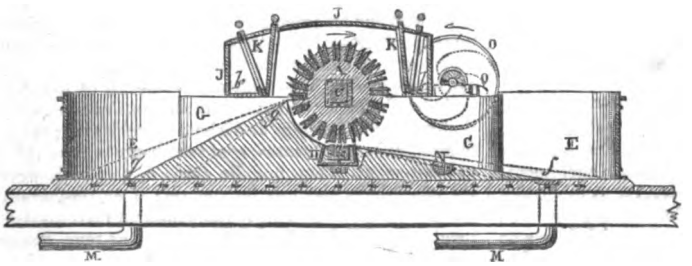
Suivant les localités, les piles se construisent soit en bois, en pierre ou en fonte ; les deux premiers genres de construction ont quelques inconvénients que n'a point celui en fonte, ce dernier réunit surtout l'élégance à la solidité.

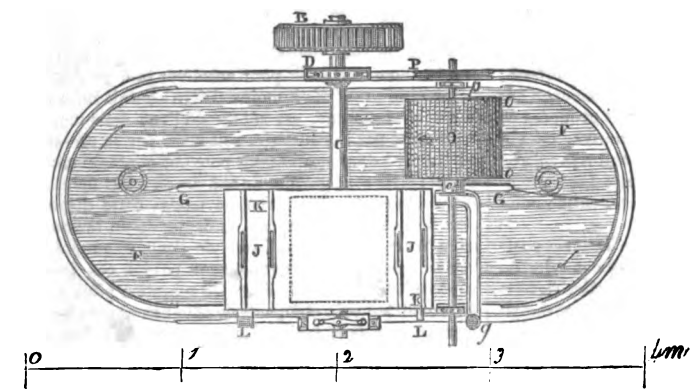
Le cylindre A (fig. 1969 et 1970) garni de lames est mis en mouvement par la roue B, montée sur son arbre C, lequel tourne dans deux paliers dont un fixe D, et l'autre à coulisse E, tous deux fixés sur des consoles fondues avec les parois de la pile F. Celle-ci est divisée selon sa longueur par une cloison G. Le côté qui reçoit le cylindre A est garni de deux plans inclinés *f f'* et *g g'* ; dans les masses de bois formant ces deux plans, est ménagé une rainure quadrangulaire qui reçoit la platine H, composée de lames liées entre elles par des boulons. Une autre rainure, le sablier, pratiquée en N, est recouverte d'une plaque de cuivre percée de petites fentes, dirigées en tous sens, au travers desquelles passent le sable, les épingles, boutons, etc., qui peuvent se trouver dans les chiffons. La paroi antérieure de la pile est percée en *n* pour donner passage aux ordures ; pendant le travail, cet orifice est fermé par un bouchon. Le cylindre A est recouvert par une caisse en bois J, appelé *chapiteau*, qui porte quatre châssis en bois, dont deux K garnis de toiles métalliques pour laisser passer l'eau et retenir la pâte, et deux autres K' pleins ou faux châssis pour suspendre, au besoin, le service des deux premiers. L'eau est reçue dans les *dalots* ou *chéneaux* K, d'où elle se rend au dehors par les conduits L. Un robinet en R sert à l'alimentation de la pile F, qui est rempli d'eau au moins au deux tiers et alimentée continuellement par le robinet R. C'est entre les lames de la platine H et celles du cylindre A que s'opère la trituration du chiffon, ces dernières font aussi office de palettes ; par leur mouvement elles entraînent, dans l'intervalle qui existe entre elles, un certain volume d'eau et de chiffons, que la force centrifuge excitée par la rotation rapide du cylindre, lance contre la voûte du chapiteau J et contre les châssis K, qui, comme nous l'avons dit, laissent passer l'eau et arrêtent les chiffons ; ceux-ci, dont une grande partie descend le plan incliné *g g'*, retombent tous dans la pile. En très peu de temps le mouvement du cylindre A élève beaucoup de chiffons et d'eau dans cette partie de la pile, tandis que de l'autre côté il y a abaissement ; la tendance à l'équilibre communique aux matières un mouvement circulatoire lent, qui les fait passer du plan incliné descendant autour de la cloison G, et elles vont atteindre le pied du plan incliné *f f'*, et passent ainsi entre la pla-

Digitized by Google

tine et le cylindre jusqu'à ce qu'il soit réduit en pâte. C'est pour remplacer l'eau qui se perd continuellement et qui est chargée des saletés du chiffon, que l'on introduit continuellement par le robinet, dans la pile, une quantité à peu près égale à celle qui sort par les châssis K, et qui est rejetée au dehors par les conduits L. Lorsque le chiffon est suffisamment lavé et trituré, il est envoyé par le conduit M que ferme une soupape,

1970.





1969.

dans des caisses où il s'égoutte, ou s'il y a lieu, au réservoir d'alimentation de la machine à papier.

Le palier à coulisse E n'a de mobilité que dans le sens vertical ; le mouvement est donné par une manivelle ; elle porte sur la partie supérieure du palier et sert d'écrou à une vis qui traverse la partie supérieure du palier, son extrémité inférieure est liée à une fourchette qui, elle-même, fait corps avec le coussinet ; celui-ci glissant entre les coulisses du palier, entraîne l'extrémité de l'axe du cylindre.

La platine H est composée de lames d'acier réunies par des boulons ; elle est maintenue solidement par des coins en bois dans une boîte en fonte H' appelée contre-platine, elle est en forme de queue d'aronde, se fixe dans l'épaisseur du fond de la pile dans une rainure de même forme ; le bout de cette boîte traverse la paroi en fonte et fait saillie à l'extérieur, elle est maintenue par un coin ou bouchon en bois qui sert aussi à fermer l'ouverture donnant passage à la contre-platine ; celle-ci est parallèle à l'axe du cylindre, mais la platine est inclinée par rapport à cette ligne de 12 à 15 millimètres ; l'extrémité tranchante des lames est taillée concentriquement à la circonférence du cylindre, et l'inclinaison de leur tranchant affûté en biseau, doit être dirigé en sens inverse de celles des lames du cylindre.

Les lames de cylindre sont fixées dans des rainures faites, suivant le rayon, dans un noyau en bois d'orme ou de chêne à égale distance sur la périphérie et parallèlement à l'axe. Pour la *défileuse*, chaque rainure reçoit deux lames, elles y sont fixées à l'aide d'un coin qui est enfoncé entre elles, et maintenu fixe par des pointes qui vont s'attacher dans le bois du cylindre ; de plus, des entailles sont ménagées à leurs extrémités, ainsi que dans le bois, de manière à former un espace annulaire vide qu'une forte frette vient remplir ; ainsi toutes les lames se trouvent reliées ensemble et fixées au bloc cylindrique en bois. On établit aussi en fonte le noyau de cylindre avec entre-lames en bois rendues parfaitement solidaires avec le noyau ; l'avantage principal de cette construction, sur l'autre, est de pouvoir enlever aisément les lames du rouleau, soit pour les affûter, soit pour les changer.

On ajoute à la pile le *tambour laveur*, lorsqu'on veut élaver plus abondamment ; il fait faire moins de déchet que les châssis des chapiteaux.

Le tambour-laveur O, que commande la poulie P, tourne sur les petits paliers *p* qui reçoivent les tourillons de son axe ; il reçoit son mouvement du moteur principal ou de l'arbre du cylindre, il fait 25 à 30 révolutions par minute, il est composé de deux cercles en cuivre *o*, *o'*, d'un diamètre à peu près égal à celui du cylindre, et de quatre feuilles courbées suivant la développante du cercle, et soudées aux cercles *o*, *o'*, ainsi qu'à l'arbre. La circonférence est formée de deux toiles métalliques de grosseur différente et superposées ; la plus grosse est à l'intérieur. Le cercle *o'* est percé à son centre, et à cette ouverture circulaire est soudé le tuyau o^2. Lorsque le cylindre A fonctionne et que le tambour-laveur tourne dans le sens indiqué par les flèches, comme une partie de sa circonférence plonge dans l'eau de la pile, les feuilles courbes en prendront une certaine quantité que les toiles métalliques laissent passer, et dans leur mouvement de rotation feront couler cette eau vers le centre ; l'eau renfermée dans les compartiments des feuilles, ne trouvant pas d'autre issue que le tuyau o^2, sera versée dans la gouttière Q, qui, à son tour, la verse au dehors par le conduit vertical *q*. Dans le premier appareil de lavage, celui des châssis K, lorsqu'on veut cesser de laver, on abaisse les panneaux pleins K', et l'eau est forcée de retomber dans la pile au lieu de s'écouler au dehors. Avec le tambour-laveur il suffit de lever la gouttière Q, qui est mobile, et l'eau est également reversée dans la pile.

Les toiles fines qui couvrent ces deux appareils contiennent 25 mailles par centimètre carré pour le traitement des chiffons, et 30 pour celui du défilé.

Pour la propreté, tout l'intérieur de la pile, y compris les plans inclinés et la cloison, est doublé de feuilles de cuivre rouge, de zinc ou de plomb. Tout contact de la pâte avec le fer doit être évité, si on ne veut la voir ternie par la rouille, circonstance qui devrait faire écarter l'emploi des lames d'acier, notamment dans les piles *raffineuses*.

La pile raffineuse ne diffère essentiellement de la défileuse que par le nombre de ses lames ; cette dernière les porte disposées sur son cylindre en dix-neuf paquets

Digitized by Google

de deux lames, soit trente-huit lames pour un diamètre de 0m,60 avec platine de douze lames. La raffineuse porte en tout dix-huit paquets à trois lames, soit cinquante-quatre lames, avec platine de quinze lames; le premier cylindre marche avec une vitesse de 175 révolutions par minute et le second à 200 : dans ce temps, il y aura pour l'un 80.000 rencontres de lames, et pour l'autre 16.000, ou 2.600 par seconde. Ici les contacts doublement fréquents réduiront de moitié l'énergie de chacun d'eux. Ce travail réclame l'application d'une force de cinq chevaux par pile.

Une pile défileuse en travail contient 1.200 litres d'eau, et est fournie en moyenne par 40 kilog. de chiffons. Une raffineuse de même contenance peut recevoir en défilé l'équivalent de 55 kilog. de chiffons, soit 40 kilog. de papier.

On distingue encore un autre genre de pile nommée *élaveuse*, qui a pour fonction de blanchir les défilés *à la pile* à l'aide d'un chlorure décolorant et d'un acide, de les laver ainsi que ceux qui sortent des blanchiments au chlore ou au bain de chlorure. Sa construction est légère et la force qu'elle emploie est à peine d'un cheval. Son rouleau est ordinairement garni de lames de bois; lorsqu'elles sont en bronze, on peut les approcher d'une platine usée, également en bronze; il en résulte une légère friction qui tend à faire dégorger le défilé, à en faire exprimer les matières colorantes et salines qui résident dans le défilé blanchi.

La réunion de plusieurs piles constitue une *batterie;* elles sont diversement distribuées, selon l'exigence des localités ou du travail. Tantot les piles sont groupées de manière à se vider les unes dans les autres, ce qui épargne la main-d'œuvre lorsqu'on blanchit à la pile ou que l'on ne fait pas de mélanges de pâtes; tantôt chaque espèce forme une batterie particulière, entièrement indépendante des autres.

L'ouvrier chargé de la direction d'une batterie porte le nom de *gouverneur;* suivons-le dans la conduite du défilage. Après avoir, à l'aide de la manivelle, élevé le rouleau d'un centimètre au-dessus de la platine et rempli d'eau la pile, il y répand les chiffons lessivés en évitant qu'ils ne s'accumulent sous le rouleau : le robinet fournit de l'eau en abondance, et les faux châssis étant levés, les châssis de lavage fonctionnent. Le gouverneur ayant aidé à la distribution égale des chiffons avec une spatule, abaisse le rouleau à quelques millimètres de la platine, de sorte que les chiffons soient rudement froissés sans être coupés; trois ou quatre tours de pile suffisent ainsi pour en faire ressortir les malpropretés. Il relève le rouleau comme au début et ne fait plus que laver, il nettoie le sablier, puis, baissant graduellement, il arrive, tout en continuant à élaver, à le faire porter légèrement sur la platine; il spatule fréquemment pour obtenir une trituration uniforme, et lorsqu'il la juge suffisamment avancée, c'est-à-dire offrant une pâte sans trace de tissus ni de fils tordus, il lève la bonde qui fermait le conduit, et la pile se vide par cette issue.

La durée de l'élavage et du défilage n'est pas moindre d'une heure et demie, dans le cas ou, ayant affaire à une pâte tendre, on ne tient pas à la ménager; elle n'excède pas quatre heures pour une pâte bien allongée, sauf, ce qui est rare, les cas de fabrications particulières.

La beauté du défilé, dans le travail au cylindre, dépend de la limpidité de l'eau, du temps que l'on consacre au lavage et à la trituration, de la matière et de l'état des parties tranchantes, et enfin, évidemment, des soins particuliers de l'ouvrier, que la pratique seule enseigne. Le lavage par l'eau trouble ne peut donner qu'une pâte terne, difficile à blanchir, à colorer et à encoller; le FILTRAGE devient indispensable (voyez ce mot). A défaut d'appareil de filtrage, il sera bien de nouer des sacs de flanelle aux robinets, précaution qui, dans tous les cas, n'est pas à négliger pour les belles sortes. Le battage sur la platine ne doit commencer qu'au point où l'eau de lavage finit par n'être plus louche. Plus le battage est brusque, et plus les filaments sont raccourcis; plus il est prolongé avec ménagement, et plus ces mêmes filaments s'effilent sans se tronquer : ceux-ci sont, pour ainsi dire, longs et minces; ceux-là courts et épais. Les lames de platine et de cylindre, tranchantes et d'acier, énervent en coupant; celles qui sont usées ou en bronze, allongent la pâte en l'écrasant. D'après cela, les rouleaux et platines à tranchant dur et acéré, ne conviennent qu'aux chiffons durs; les lames douces et usées aux chiffons tendres. Parfois on devra appuyer le rouleau sur les premiers, mais on le tiendra toujours un peu soutenu sur les seconds, et on fournira la pile d'une moins grande quantité de matière dure que lorsqu'elle est tendre; enfin, si le temps le permet, il ne faut pas craindre d'allonger les pâtes en modérant l'action du cylindre; elles font moins de déchet, blanchissent promptement, restent nerveuses, sont sans boutons et se raffinent aisément. Il faut prendre garde de ne pas allonger les pâtes dures plus que les tendres; il en résulterait, lors de leur mélange dans la raffineuse, un raccourcissement tel, que celles-ci serviraient plutôt de remplissage que de lien.

Lorsqu'on veut blanchir au chlorure de chaux, on verse quelquefois 200 à 300 grammes d'acide sulfurique dans la pile cinq minutes avant de l'employer; on ferme aussitôt les faux châssis; le peu d'acide qui reste dans la pâte égouttée suffit pour accélérer la décoloration.

Le chiffon défilé, à moins d'être soumis immédiatement au raffinage, est séparé de l'eau dans laquelle il nage, soit par l'égouttage, soit aussi par la pression. Il est envoyé dans des caisses pouvant contenir plusieurs pilées; elles sont garnies de châssis de toiles métalliques ou doublées de zinc percé de trous; cette disposition occupe beaucoup de place, et demande un temps assez long pour le départ suffisant de l'eau. L'emploi d'une presse disposée convenablement parc à ces inconvénients; la pressée se fait en 20 minutes, pilée à pilée, et produit un pain compacte de pâte peu exposé à se salir et d'un transport facile. La presse hydraulique appliquée à ce systeme, montée par M. Chapelle, est d'un service parfait. Ce pressage par pilée est aussi d'un grand secours dans le contrôle et la surveillance journalière de fabrique. Nous citerons encore un ingénieux appareil dû à M. Ferrand-Lamotte, de Troyes, dans la description duquel, faute d'espace, nous ne pouvons entrer. C'est en quelque manière la table de fabrication de la machine à papier, disposée pour pouvoir donner, au lieu d'une feuille de papier, une sorte de matelas ou feuille excessivement épaisse de défilé; sous cette forme il est moins transportable que sous celle de pain, mais il est mieux disposé pour le blanchiment.

Blanchiment du défilé ou demi-pâte. Travail qui modifie la substance des chiffons par la dissolution ou la destruction plus ou moins complète de la matière colorante qui lui est inhérente; ces altérations sont produites par l'emploi d'agents chimiques, tels qu'alcalis, acides et chlore; le rôle de ce dernier est essentiellement destructif. Les autres ne sont, en quelque sorte, que comme des accessoires propres à graduer l'énergie de ses propriétés ou à opérer des dissolutions, soit après, soit avant son action.

Un chimiste allemand, M. Fuchs, propose l'application de la découverte dont il est l'auteur, laquelle consiste à blanchir la plupart des substances organiques à l'aide de l'électricité. Les détails de son procédé n'étant pas encore parvenus à notre connaissance, nous ne pouvons qu'éveiller l'attention de nos fabricants sur une question si pleine d'intérêt pour tous, et si importante à tous égards.

Le chlore s'emploie sous deux formes, gazeux ou liquide; de là deux manieres différentes de procéder.

Digitized by Google

Dans le blanchiment au chlore gazeux, l'appareil est ainsi composé : une bonbonne ou tourille de grès, faisant office de cornue, est disposée sur un fourneau ; elle est chauffée au bain-marie, à la vapeur ou au bain de sable. Un tuyau de plomb est adapté au col de la tourille, pour amener le gaz qui se dégage sur le défilé contenu dans une caisse hermétiquement close. La forme de cette caisse est un parallélipipède auquel on donne une position horizontale ou verticale. Dans ce dernier cas, il est indispensable de multiplier le nombre des étages ou tablettes qui doivent porter le défilé. L'ouverture qui sert à l'introduction et à la sortie des pâtes est pratiquée sur l'une des faces latérales ; elle est fermée par un volet de 12 mètres de surface au moins ; il pénètre à mi-bois de manière à affleurer extérieurement. Le tuyau d'arrivée du gaz pénètre par le milieu de la paroi supérieure, un échappement d'air est pratiqué aussi dans le haut, mais le plus éloigné possible de l'arrivée du chlore. Les dimensions intérieures sont réglées pour 500 kil. de chiffons défilés, sur une capacité de 3 à 4 mètres cubes. La caisse peut être construite en bois, pierre ou brique. Le bois employé doit être résineux, suffisamment sec pour ne plus jouer ou se fendre, d'une épaisseur de 7 à 8 centimètres, assemblé à double rainure garnie de mastic de céruse, maintenu par des traverses extérieures avec tirants en fer ; l'intérieur est parfaitement mastiqué à la céruse et, pour la conservation, une couche d'huile de lin chaude est passée sur les parois, puis on les couvre de deux couches au moins de peinture à la céruse ; pour la décoration, l'extérieur pourra être également peint. En pierres ou en briques, les joints seront faits en ciment romain ou mieux en plâtre, ne contenant pas de carbonate de chaux. On couvrira la caisse d'un glacis de même matière, ou, ce qui est plus propre, d'un revêtement de plaques de faïence ou de briquettes vernissées.

Le défilé n'étant ni trop sec ni trop mouillé, mais égoutté de manière à ce que, par la pression de la main, on ait peine à en exprimer une goutte d'eau ; on le distribue sur les tablettes, dans la caisse, par morceaux du poids de 200 grammes environ ; on ferme le volet dont on lute les joints en collant des bandes de papier dans toute leur étendue.

Pour blanchir 500^k de chiffons défilés, il faut, selon le cas, produire un dégagement de 2 mètres jusqu'à 5 mètres cubes de chlore ; tout ce volume n'est pas utilisé, on a à tenir compte d'une perte constante due à la capacité des tuyaux, des tourilles, et aussi par la caisse qui doit contenir après l'opération un léger excès de gaz. Le manganèse d'Allemagne, bonne qualité, produit par kilogr. 240 litres de chlore ; celui de Romanèche 150 litres, donc 5 kil. du premier donnent un produit équivalent à 8 du second. Pour obtenir une production moyenne de 3.500 litres environ, on prend avec 24 kilogr. de manganèse, 70 kilogr. d'acide hydrochlorique à 22° ; ou 10 kilogr. d'eau, 10 kilogr. d'acide sulfurique à 66°, et 40 kilogr. d'acide hydrochlorique à 22° ; ou encore, 26 kilogr. d'eau, 26 kilogr. d'acide sulfurique et 18 kilogrammes de sel marin, toujours avec la même quantité de manganèse de Romanèche ou avec 15 kilogr. de manganèse d'Allemagne. Nous ferons observer que les manganèses peu riches présentent l'inconvénient d'absorber en pure perte une certaine portion d'acide pour la saturation des carbonates qu'ils contiennent, et qu'ils produisent fréquemment un culot très dur, formé de gangue et de sels insolubles, dont l'adhérence au fond des tourilles est une cause de casse ou les met hors de service. Le manganèse doit être employé en grenailles et non en poudre, il est moins exposé à s'agglutiner, se mouille uniformément, donne un dégagement de gaz moins brusque, et les parties non attaquées sont plus faciles à recueillir après l'opération. La cornue est d'une capacité double de la masse qu'elle doit contenir, c'est-à-dire fonctionnant à demi-pleine ; il faut qu'elle puisse résister à une température qui s'élève progressivement jusqu'à 120°, et il est nécessaire qu'elle soit inattaquable par les acides ou le chlore, conditions qui ne sont guère remplies que par la poterie de grès.

Lorsqu'on veut opérer, on charge une ou plusieurs tourilles correspondantes à la caisse préparée ; on introduit dans l'ordre suivant, d'après le mélange adopté : manganèse, acide hydrochlorique ; eau, acide sulfurique, manganèse, acide hydrochlorique ; eau, sel marin et manganèse mêlés, acide sulfurique. Tout étant préparé à l'avance, on adapte promptement le tuyau à la tubulure de la tourille et on lute avec soin ; une demi-heure après on commence à chauffer modérément, puis aussitôt que l'on s'aperçoit de la fuite du chlore par l'échappement d'air, on ferme celui-ci. La température portée à 100° au moins est soutenue à ce point pendant 8 ou 10 heures, temps après lequel le dégagement doit être à peine sensible. Le défilé reste sous l'action du gaz 18 à 24 heures ; si on réduit le temps, il faut augmenter la dose de chlore. A cette occasion, disons que cette dose ne doit pas se mesurer par le degré de blanc que l'on veut obtenir, mais par la quantité approximative de matière colorante à détruire ; ce qui excède la proportion nécessaire à cet effet, attaque le ligneux lui-même, le roussit et l'énerve. Voici l'ordre que suivent les pâtes dans leur capacité d'absorption pour le chlore en commençant par les plus faiblement douées : Coton blanc (blanc éclatant), fil fin usé (blanc), coton écru et fil fin non usé (blanc terne), gros fil non usé et cordes (blanc légèrement gris), toiles neuves bises et bises ordinaires (jaune paille pâle), toiles grossières et chevrotteuses (jaune saumon clair), cotonnes de couleur foncée (jaune fauve terne). En essayant d'indiquer aussi le degré de décoloration, nous ferons remarquer qu'il s'éloigne d'autant plus du blanc qu'il faut plus de temps et de chlore pour l'obtenir, ce qui revient à dire, que plus il y a de matière colorante à décomposer et plus il en restera des traces visibles, la décoloration n'étant pas absolue. La nouvelle substance colorante enveloppe encore le ligneux, avec cette différence qu'elle est soluble dans les alcalis et même en grande partie dans l'eau froide, c'est donc par dissolution qu'on s'en débarrassera ; mais, c'est toujours au lavage à froid par les cylindres qu'on a recours ou à la pile spéciale nommée élaveuse.

Nous ne nous arrêterons pas à décrire des dispositions particulières de l'appareil de production et les divers moyens de luter les raccords ; disons seulement que les fermetures hydrauliques sont préférables à toutes autres, lorsqu'il n'y a pas de pression ; elles concourent aussi à condenser l'acide hydrochlorique entraîné dans le dégagement du chlore ; à cet effet, il est bon d'adopter une disposition pour l'arrêter ; le plus simple est de placer un plat évasé, plein d'eau, dans l'intérieur de la caisse, immédiatement au-dessous de l'arrivée du gaz.

Parmi les chlorures alcalins, ceux de soude et de chaux sont les seuls dont on fasse usage ; le chlorure de chaux étant d'un emploi plus général nous nous en occuperons plus particulièrement. Sous forme solide il a l'avantage d'être d'un transport moins dispendieux qu'en dissolution dans l'eau ; mais comme il faut en venir à l'employer sous cette forme, il y aurait avantage, si on le faisait soi-même, à le fabriquer liquide. (Voyez CHLORURES DÉCOLORANTS).

Le pouvoir décolorant de 1 kilogr. de chlorure sec est à peu près égal à celui de 20 litres d'une dissolution marquant 5° au pèse-sel.

Pour le blanchiment de 500 kilogr. de chiffons défilés, la dose varie entre 8 et 40 kilogr. de chlorure sec. Le mode d'emploi le plus simple consiste à le verser dans une pile en travail à la fin du défilage ou au com-

Digitized by Google

mencement du raffinage, ou bien dans l'élaveuse ; son action sur le défilé serait très lente, n'ayant pour agent provocateur que le contact de l'air, aussi a-t-on recours à l'intervention d'un acide pour en brusquer l'effet : l'acide sulfurique par exemple. Soit, pour les proportions relatives déjà indiquées, de 4 à 10 kilogr. ; on le verse sur la pâte, convenablement étendue d'eau, soit après, soit avant le chlorure, avec le soin de le répandre uniformément dans tout le circuit de la pile ; au bout de 10 minutes la pile peut être vidée, ou mise sur place en élavage.

Un autre mode est celui qui consiste à blanchir par bains ; il exige, comme par le gaz, des appareils particuliers ; ceux-ci sont des cuves ou bassins, dont partie sert de réservoir aux dissolutions, partie aux bains de blanchiment. Le niveau du fond du réservoir supérieur doit être au-dessus du bord des caisses ou cuves de blanchiment ; la contenance du réservoir supérieur est plus grande que celle de la somme des caisses qu'il doit alimenter, surtout si l'on fait usage du chlorure sec, la surface de liquide qu'il présente à l'air est la moindre possible, eu égard à ses autres dimensions. Les caisses de blanchiment, au contraire, étant peu profondes et multipliées, développent une grande surface ; cette disposition a pour but de rendre plus prononcée l'action de l'air et de la lumière sur le bain ; leur capacité ne doit pas excéder 5 mètres cubes, correspondant à une contenance de 250 kilogr. au plus de chiffons défilés ; plus petites, elles ne travaillent que mieux, la pâte se tasse moins, et il est plus aisé de la spatuler, si cela est jugé nécessaire. Elles ont un double fond de châssis garnis de toiles métalliques ; au-dessous est une bonde de vidange qui verse dans un canal commun se rendant au réservoir inférieur, ce dernier n'a qu'un tiers de la contenance des caisses qu'il dessert. A moins d'être des cuves de bois, les caisses de blanchiment sont de forme quadrangulaire ; elles sont construites en pierre ou en briques, bien cimentées, complétement revêtues à l'intérieur, de ciment résineux, de bitume, ou mieux, de plomb laminé ; toutes les soudures de plomb devront se faire pour ce blanchiment, comme pour celui au gaz, par le chalumeau à gaz hydrogène, et éviter dans les points d'appui le contact des autres métaux.

La liqueur décolorante est faite, pour la première fois, par 25 kilogr. de chlorure de chaux pour 1.000 litres d'eau, ou la dissolution, ramenée entre 2 et 3° ; un degré trop élevé donne lieu à une plus grande perte par l'air et par l'égouttage ; il faut se défier de l'indication du pèse-sel qui n'accuse que la densité de la liqueur, densité qui peut-être aussi bien augmentée par la présence du chlorure de calcium que par celle du chlorure de chaux.

Pour donner un bain on remplit les cuves ou caisses, à ce destinées, d'abord de défilé bien égoutté que l'on écharpe par morceaux plus petits qu'on ne le fait pour le gaz, puis de chlorure qu'on reçoit du réservoir par un syphon, un chéneau, une conduite quelconque enfin ; mais rien qui multiplie les robinets et les joints. Le défilé demeure immergé 6 heures, terme moyen ; on ne saurait assigner, qu'entre de grandes limites, la durée qui convient à l'action complete du bain ; car, nous le répétons, l'état et la nature des pâtes retarde ou accélère la décoloration, qui est aussi plus ou moins complète. Il faut savoir faire varier à propos les proportions de défilé à blanchir et l'énergie du bain.

Le blanchiment effectué, on ouvre les bondes des châssis, et les eaux de chlorure abandonnant le défilé, vont se réunir dans le réservoir d'égout, d'où elles sont reprises par une pompe et reversées dans le réservoir supérieur. Là, elles sont ramenées au degré voulu par l'addition d'une quantité convenable de chlorure sec ou liquide concentré. Ces eaux qui avaient perdu de leur pouvoir décolorant, sont quelquefois colorées elles-mêmes en jaune sale par les substances détruites et rendues solubles ; ce qui fait que les pâtes blanchies par ce procédé présentent plutôt un ton blanc grisâtre qu'une teinte jaune prononcée. Le défilé suffisamment égoutté est enlevé des caisses, il est encore imbibé d'une quantité notable de chlorure, de sorte que, si on le laisse en dépôt, la décoloration peut se continuer jusqu'à saturation du chlore ; si celui-ci est en excès, le ligneux finira par en être attaqué. D'autres fois, le même effet destructif se produit par l'acide hydrochlorique développé dans la réaction du chlore sur la matière colorante et insuffisamment saturée par la chaux.

Le chlorure de soude étant moins stable que celui de chaux, décolore plus promptement et dissout mieux la matière colorante détruite ; sa présence dans les pâtes mal lavées nuit moins au collage que ne le ferait un sel calcaire. En Angleterre, le chlorure de soude est souvent substitué avec avantage au chlorure de chaux. En France, la grande différence qui existe entre les prix de ces deux produits fait qu'on est réduit à n'employer que du chlorure de chaux.

L'effet du gaz chlore sur le défilé est plus énergique que celui des chlorures ; cependant ces derniers agissent plus intimement sur les filaments élémentaires, et d'une manière qui en compromet moins la solidité. Ainsi le gaz attaque fortement tout ce qui est chenevotteux, ce que ne fait pas aussi bien les chlorures, tandis qu'il n'attaque que superficiellement les défilés de chiffons bis, parce que ceux-ci sont à fibres plus complexes, et que celles de l'intérieur restant imperméables au gaz, demeurent colorées. Ce fait devient sensible, lorsqu'on opère le lavage du défilé blanchi, opération indispensable, puisqu'elle consiste, comme nous l'avons dit, à dissoudre la matière colorante détruite qui s'opposerait au succès de tout traitement ultérieur. Ce travail se fait dans une pile ordinaire, ou mieux dans la pile laveuse *ad hoc*. La durée du lavage tient à la quantité d'eau qui y est affectée, soit par exemple, pour un temps moyen d'une heure, une alimentation de trois litres par seconde ; on estime le lavage complet, lorsque l'eau qui en résulte sort limpide, incolore et non écumeuse. Ainsi dégorgé, le défilé, dont la couleur était une des nuances du jaune, est devenu grisâtre comme un mélange de pâte blanche et de pâte non blanchie ; il est presque toujours indispensable, en ce cas, d'avoir recours de nouveau au blanchiment par le gaz ou par les chlorures.

Règle générale : le premier blanchiment se fait au gaz ; un second au gaz ne se fait que sur les chiffons très colorés ou chenevotteux ; un troisième, ce qui est rare, ne se fait qu'au chlorure. Les chlorures décolorants s'emploient en toute circonstance, sans que l'abus qu'on peut en faire entraîne, comme le gaz, à des déchets et des détériorations notables de pâtes. Le défilé blanchi au gaz doit être lavé immédiatement ; le défilé blanchi au chlorure est gardé avec avantage huit à quinze jours, et, contrairement à ce qui se passe pour le gaz, le défilé prend de l'éclat et de la blancheur en s'élavant. Quant à la couleur rouille de certains chiffons teints ou tachés par le fer, elle sera dissoute, après le premier blanchiment au chlore, par un bain d'acide hydrochlorique dans la proportion de 3 d'acide pour 1000 d'eau.

On a donné le nom d'antichlore à des réactifs qui ont la propriété de neutraliser, dans la pâte, le chlore en excès, et l'acide hydrochlorique produit par le fait de la décoloration ; l'emploi de ces réactifs a pour but d'annuler le lavage, qui est une cause de perte de temps, de matière et de force motrice, dans l'opinion, du reste fondée, que l'introduction du chlore à l'état libre, ou d'un acide dans le papier, nuit à sa coloration, à son collage et à sa durée. Ce ne sont pas là les seules causes qui produisent ces mauvais effets ; il faut en attribuer une forte part à la préexistance de la matière

Digitized by Google

colorante dénaturée; l'élimination par lavage, ainsi éludée, ne satisfait pas entièrement.

Le carbonate de soude, introduit dès le commencement du lavage, neutralise l'acide hydrochlorique, et aide à la dissolution de la matière colorante; qu'il soit ajouté à la fin de l'opération une certaine proportion d'ammoniaque, ou d'un sel ammoniacal à acide faible, le carbonate d'ammoniaque par exemple, le chlore restant sera masqué et les produits de la réaction inoffensifs. En procédant de cette manière, on gagne un peu de temps, et on a la certitude de n'éprouver aucune entrave de la part du chlore. Du reste, quoi que l'on fasse en ce genre, il y aura toujours présence de chlore dans les papiers de pâtes blanchies, soit à l'état de sels, soit combiné à la matière colorante en substitution de son hydrogène, laquelle ne saurait être expulsée à froid d'une manière rigoureuse, soit enfin par le tissu ligneux qui le condense, et le dérobe à l'action des agents dissolvants et réactifs. Des circonstances fortuites ou le temps seul, pourront développer de nouvelles tendances de la part du chlore, tenu pour ainsi dire à l'état latent, et affecter par une action lente l'organisation textile du ligneux. Bien que cette présomption se fonde sur quelque vraisemblance, aucune expérience assez précise n'a prouvé jusqu'ici qu'il en soit exactement ainsi. On a attribué la destruction lente de quelques papiers de machine aux procédés de blanchiment; l'abus ou plutôt l'ignorance, qui a dû présider d'abord à leur application, en était seule coupable : les mêmes moyens, entre les mains de fabricants capables, n'ont jamais produits de semblables résultats. Quoi qu'il en soit, le meilleur antichlore et le meilleur lavage se réduirait, selon nous, à un lessivage du défilé blanchi.

Raffinage. La trituration des chiffons, suspendue pour permettre le blanchiment ou le mélange des diverses pâtes, est reprise et achevée par la pile raffineuse. La pile remplie convenablement d'eau est fournie en défilé par espèces et proportions déterminées. Le gouverneur fait appuyer graduellement le rouleau sur la platine, jusqu'à ce qu'enfin il y porte presque de tout son poids; le gouverneur maintient le cylindre dans cette position, jusqu'à ce qu'il ait reconnu que la pâte est suffisamment battue; mais comme elle offre des boutons de pâte, pour les faire disparaître, il *affleure*. L'affleurage consiste à tenir le rouleau au point juste où ses lames touchent à peine, effleurent celles de la platine; par là, les filaments sont plutôt étirés que coupés, et tout ce qui excède leur épaisseur moyenne est, au contraire, fortement atteint. Le gouverneur s'étant assuré par un nouvel examen du bon aspect de la pâte, il lui donne issue par des conduits qui se rendent au réservoir ou cuvier de machine.

Pendant toute la durée du raffinage, qui peut être de deux à quatre heures, on doit spatuler fréquemment; car, la matière qui chemine sur le fond et le long des parois de la pile est mise en retard par le frottement, ou par la longueur du parcours, qui excède de beaucoup celui qui s'opère autour de la cloison; il en résulte une répétition inégale d'action, de la part des lames, sur diverses portions de la pâte.

Lorsque le papier doit être collé ou coloré, on introduit ordinairement dans la pile les matières préparées à cet effet, un peu avant d'affleurer.

C'est ici le lieu de rappeler ce qui a déjà été dit au défilage, à l'égard de l'état des lames de rouleaux et de platines; cette condition a la plus grande influence sur la solidité du papier. Un raffinage précipité donne un papier mou, sans ténacité, d'un mauvais transparent et d'une surface plucheuse. Dans ce cas, la pâte retient peu d'eau lors de son feutrage; elle est dite sèche ou *surge*. Si, au contraire, l'emploi du temps et des machines est bien ménagé, la pâte, quoique longue, donne des feuilles d'un transparent uniforme; ses surfaces sont unies, sa substance dense, souple et carteuse; cette pâte retient beaucoup d'eau, caractère que l'on exprime par les noms de pâte *verte* ou grasse. Règle générale : sont surges, les chiffons tendres, notamment les cotons; les chiffons battus brusquement, battus avec des lames tranchantes ou dures; ceux blanchis énergiquement au gaz; ceux enfin triturés par une pile faiblement fournie en défilé : sont gras, les chiffons durs, neufs; ceux battus longuement avec des lames douces un peu usées; ceux non blanchis ou blanchis aux chlorures; ceux battus en pilée copieusement fournie.

Maintenant que nous avons amené le ligneux du chiffon à l'état de pureté presque parfaite, et rendu propre à prendre la forme de papier, disons quelques mots des substances qui y entrent en mélange ou en combinaison, toutes les fois qu'il s'agit de douer le papier de nouvelles propriétés. Les principales sont : l'encollage et la coloration.

Colle animale. Les matières employées dans la préparation de la colle animale ou gélatine sont : les rognures de peaux non tannées provenant des corroyeurs et des bourreliers, les tendons, les cartilages et plus particulièrement les pieds de mouton, de chèvre et de chevreau (voyez COLLE FORTE, GÉLATINE). On prépare cette colle de la manière suivante : ces débris ayant été chaulés, ils subissent une macération de deux jours dans l'eau pure, puis ils sont parfaitement lavés à l'eau acidulée et débarrassés des malpropretés dont ils sont toujours chargés; on les introduit dans une chaudière de cuivre avec dix fois leur poids d'eau, en les plaçant dans un panier, afin que dans la cuisson ils ne puissent s'attacher aux parois. Le feu se conduit graduellement et de manière à éviter l'ébullition; on projette une petite quantité de chaux vive en poudre pour absorber les graisses, on écume et l'on recommence ce traitement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'écume produite; à ce point on laisse baisser un peu la température du liquide; six heures après, si on en verse un peu sur une assiette et qu'il s'y fige en quelques instants, il est bon à être soutiré; on le passe à travers une chausse ou un drap de laine, étendu au-dessus d'un cuvier large et peu élevé faisant office de réservoir. Cette première cuite terminée, on recharge aux deux tiers la chaudière d'eau, on fait bouillir doucement; et si on ne veut pas fractionner les produits, on réunit cette dernière cuite à la précédente; laissant reposer et refroidir, on a pour résultat une gelée transparente presque incolore; elle doit être conservée dans un lieu frais et aéré; s'il arrive qu'elle tourne par un temps chaud ou orageux, on y remédie en la faisant chauffer et ajoutant de l'acétate de plomb; on agite, puis on laisse déposer; il est facile de prévenir cet inconvénient en ajoutant l'acétate de plomb aussitôt après le soutirage, cela contribue encore à une prompte clarification.

Pour préparer une cuve ou mouilloir, on mêle à 100 kilogr. de gelée maintenue liquide par une chaleur convenable, 1 kilogr. d'alun, et lors des grandes chaleurs où le collage est plus difficile, on ajoute 30 grammes d'hydrochlorate d'ammoniaque ou de sulfate de zinc.

On conseille, pour la fabrication de la gélatine incolore, l'emploi d'un bain d'acide sulfureux dissous dans l'eau, après fermentation légère à l'eau pure des colles-matières; mais cette gélatine est plus exposée à se décomposer par l'influence de l'air chargé des odeurs de la floraison des plantes ou de leur dessiccation.

La mise en colle des papiers exige, de la part de l'ouvrier qui en est chargé, une certaine habitude de maniement et des attentions particulières en raison de l'épaisseur, de la nature, de la sécheresse de la pâte et de l'état de l'air atmosphérique. Le colleur prend une poignée de 100 feuilles de papier ou plus, il les plonge dans la colle et les écarte avec soin pour les en impré-

Digitized by Google

guer également ; la colle superflue est expulsée par une mise sous presse ; les feuilles, transportées dans une salle nommée étendoir, sont séparées et étendues sur des cordeaux pour y être séchées. Une dessiccation rapide atténue la faculté collante de la gélatine ; il suffit de remouiller et matricer le papier manqué de colle par cette circonstance, puis de le faire sécher lentement pour voir reparaître la colle avec son imperméabilité. Ce fait est la conséquence d'un phénomène de capillarité qui transporte insensiblement la gélatine contenue dans l'épaisseur de la feuille vers ses surfaces, lesquelles sont rendues absorbantes par la déperdition d'humidité qu'elles éprouvent sans cesse ; les liquides ainsi appelés à la superficie y charrient les matières dissoutes qui s'y concrètent en une sorte de pellicule imperméable. La dessication prompte produit une concentration brusque qui interrompt ce mouvement.

Le collage à la gélatine s'adapte moins bien à la fabrication du papier continu que le collage par la résine ; cependant, soit pour les qualités qu'il communique aux papiers, soit encore par pratique insuffisante des procédés du nouvel encollage, la majeure partie des papeteries de la Grande-Bretagne continue l'emploi de la gélatine. Plusieurs d'entre elles, placées au premier rang, ont réussi à coller avec cette substance d'une manière presque instantanée et continue ; mais, il faut le dire, le collage ainsi obtenu n'est pas assez fort pour être applicable indistinctement à toutes les espèces de papiers.

Colle végétale ou savon de résine. En voici la préparation : dans une dissolution de soude partiellement caustique et tenue en ébullition, on introduit par portion de la colophane concassée en petits morceaux ; on agite continuellement. Sur une masse totale de 500 kil., la cuite s'effectue en cinq heures environ.

Les proportions des matières employées sont :

100 colophane ;
80 cristaux de soude ;
80 eau ;
10 chaux.

La chaux étant éteinte est délayée dans la dissolution de soude très chaude, ou mieux en ébullition ; après repos, on tire au clair la lessive que l'on verse immédiatement dans une chaudière en cuivre chauffée à feu nu ou au bain-marie ; puis, ajoutant la colophane comme il a été dit, on obtient pour résultat 200 kilogr. de colle ainsi composée :

100 colophane ;
20 soude caustique ;
80 eau.

D'un autre côté, il reste dans le dépôt de chaux carbonatée une certaine quantité de soude assez incommode à séparer et qu'il vaut mieux consacrer au lessivage ; la quantité d'eau est diminuée aussi par l'évaporation, et les cristaux de soude en fournissent, puisqu'ils contiennent 64 pour 100 d'eau. Il est clair qu'il faudra diminuer proportionnellement le chiffre du carbonate de soude lorsqu'on l'emploiera calciné (sel de soude) et augmenter celui de l'eau.

La cuisson à feu nu nuit à la blancheur de la colle, l'action des coups de feu étant immédiate ; l'emploi de la vapeur, quoique préférable, présente l'inconvénient d'augmenter le volume d'eau faisant partie de la colle et d'apporter plus de lenteur dans la combinaison ; un bain-marie salin est préférable de beaucoup, en ce qu'il obvie à tous ces inconvénients et donne une température fixe et supérieure à 100°. On peut abréger cette opération en fondant à une chaleur douce la résine au lieu de la pulvériser, et la versant lentement dans la lessive chaude vivement agitée ; la combinaison se fait ainsi presque instantanément, et il ne peut rester aucun grain de résine non dissous. Dans tous les cas, la chaudière où se font les cuites ne doit être remplie qu'aux deux tiers, et porter à sa partie supérieure une large ouverture ou trop plein pour l'écoulement de la colle lorsqu'elle est exposée à déborder par l'effet du boursoufflement.

Du galipot peut être ajouté à la colophane lorsque celle-ci est reconnue trop sèche.

Pour enlever une grande portion de la matière colorante de la résine, on augmente la proportion de soude et d'eau ; par le refroidissement et le repos, la colle produite se sépare en deux matières, l'une molle, d'un jaune pâle, l'autre liquide, brune et très alcaline ; par la décantation, on sépare l'une de l'autre, on colle avec la substance solide et l'on fait rentrer la liqueur brune dans la fabrication d'une colle inférieure, ou on la caustifie par la chaux pour s'en servir au lessivage. On a reconnu, par expérience, que la colle préparée longtemps d'avance est d'un meilleur emploi que la colle récemment fabriquée.

Quand on procède à l'encollage du papier, on dissout la colle dans un cuvier d'eau bouillante ; on laisse reposer, on décante dans un cuvier inférieur et on passe en même temps au tamis de laine. Dans un grand nombre de fabriques, on saisit ce moment où la colle filtrée est encore très chaude pour y faire crever de la fécule délayée d'avance à l'eau tiède ; d'autres préfèrent cuire la fécule à part pour être plus maîtres d'en augmenter la dose.

La dissolution prête est versée lentement dans la pile raffineuse et spatulée ; cinq minutes après, la dissolution d'alun étant ajoutée, l'encollage est effectué.

Soient les dissolutions préparées sur 100 parties comme suit :

10 colle.	10 alun.
90 eau.	90 eau.

Pour coller 100 kilog. de pâte, on prend 40 litres de colle et ensuite 40 litres d'eau alunée, ce qui équivaut à 4 kilog. de colle et 4 kilog. d'alun, quantité suffisante avec des eaux de bonne qualité et pour des papiers de force moyenne ; cette dose sera forcément de beaucoup augmentée dans les eaux calcaires. L'encollage ainsi opéré laisse dans le papier 33 pour 100 des matières solides employées ; il augmente le poids produit en papier de 3 pour 100 environ, tandis que la colle animale lui rend 6 pour 100 au moins.

Le sulfate d'alumine est substitué avec quelque économie à l'alun ; on l'emploie ordinairement dans le rapport approché de 2 1/2 pour 4 d'alun, car il contient plus ou moins d'eau ; rarement il est exempt de fer.

Si l'alun est reconnu légèrement ferrugineux, l'addition d'une quantité convenable de prussiate de potasse entraîne le fer sous la forme d'un précipité de bleu de Prusse ; si la proportion était considérable, il faudrait renoncer à son emploi dans les papiers blancs ou teints en couleurs végétales tendres.

Quant à la fécule, elle doit être parfaitement blanche et pure ; sous ce rapport, la fécule *verte* offre plus de chances de propreté que celle qui est sèche ; en tous cas on la tamise dans l'eau sur une toile métallique fine, afin d'être assuré de sa parfaite division ; le moindre grumeau ferait tache dans le papier. Quand on cuit avec la colle, on ne peut dépasser 10 kilog. pour 10 kilog. de colle, et, cuite à part, la pâte pourra en être chargée sans inconvénient grave jusqu'à 6 pour 100. La gelée de fécule doit conserver un ton opalin ; lorsqu'elle est parfaitement transparente, elle est trop cuite et fait coller le papier sur les cylindres sécheurs.

La fécule rapproche et unit les fibres du papier, elle le rend plus dense, plus ferme et moins spongieux ; la résine, combinée à l'alumine, lui donne seule la propriété hydrofuge.

Les eaux séléniteuses sont un obstacle à la réussite de l'encollage ; les sels de chaux et quelques autres en

Digitized by Google

présence du savon résineux échangent leurs acides et leurs bases, et donnent pour produit un précipité non collant qui ternit la blancheur du papier et augmente les difficultés ultérieures de la fabrication ; dans ce cas, nous conseillons de verser l'alun en premier dans la pile, on évitera une petite perte de colle, puis l'embarras du boursoufflement de la pâte, quelquefois si considérable qu'elle ne tourne plus dans la pile. L'emploi d'une dissolution de verre soluble (silicate de soude) nous semble offrir le réactif le plus propre à transformer les sels contenus dans les eaux douces en des composés incolores et sans action sur la colle résineuse comme sur les matières colorantes. Il arrive parfois à la colle de donner lieu à une grande production de mousse, la cause peut en être attribuée à la colle elle-même qui n'est pas assez cuite ou trop nouvelle faite, aux défilés mal élavés, à certaines couleurs dont on a teint la pâte, et enfin à la nature des eaux ; lorsqu'on ne peut écarter la cause, on remédie par l'addition dans la pile de quelques grammes d'huile d'œillette ou par quelques décilitres de lait, remèdes dont il faut le plus possible s'abstenir de faire usage.

COLORATION DES PATES Les limites de cet ouvrage nous interdisent de traiter cet article avec tout le développement désirable, vu la multiplicité de détails dont il y aurait à le charger ; nous nommerons seulement ici les couleurs dont l'emploi est le plus fréquent. Quant aux chiffres de dosage, ils doivent être pris pour guide et non comme termes absolus ; le degré de pureté des produits de l'industrie, et la richesse de ceux qu'offre la nature est bien loin d'être invariable ; c'est donc au fabricant à faire un essai préparatoire, afin de s'assurer qu'il n'y a pas excès d'une substance sur une autre, quand elles doivent entrer en combinaison ; excès qui est toujours une perte réelle, lors même qu'il ne porte point de trouble dans la fabrication. Les substances minérales sont employées en dissolution dans l'eau ; les substances organiques sont extraites par décoction.

BLEU. *Bleu de Prusse.* Il s'obtient par 95 de sulfate de fer et 100 de prussiate de potasse ; sa teinte varie du bleu verdâtre au bleu violacé, selon son degré d'oxygénation. Si le sulfate de fer ne contient pas de cuivre, et que le précipité se fasse au sein d'une liqueur acide et ensuite parfaitement lavé, la vivacité et la pureté de la teinte en sera augmentée.

Bleu au bois d'Inde. 6 de sulfate de cuivre ; 100 de bois d'Inde en copeaux.

Bleu de cobalt, pulvérulent, d'un grand éclat, inaltérable. Il suffit, au moment de s'en servir, de le délayer dans l'eau et de le passer à un tamis fin.

Bleu d'outre-mer ou *bleu Guimet*, plus riche que le précédent, également en poudre, moins dense, décomposable par les acides : ces deux espèces de bleu sont surtout consacrées à l'azurage des pâtes blanches de belle qualité.

JAUNE. *Chromate de plomb.* S'obtient par 40 de bichromate de potasse et 100 d'acétate de plomb. Lorsqu'on verse la dissolution de bi-chromate dans celle d'acétate, on obtient la nuance citron ; si, au contraire, c'est l'acétate qui est versé dans le bi-chromate, il en résulte un jaune bouton d'or.

ROUGE ou ROSE. Les bois de Sainte-Marthe et de Fernambouc sont employés dans le rapport approché de 100 avec 5 de sel d'étain, ou, ce qui est préférable, avec une dissolution de 2 d'étain pur faite dans un mélange de 6 d'eau, 6 d'acide nitrique et 3 d'acide hydrochlorique, en ayant soin d'éviter l'échauffement pendant la dissolution. Le tannin que contiennent tous les bois de teinture doit être préalablement isolé au moyen de l'addition de 1 kilogr. environ de gélatine : négliger cette précaution serait exposer la couleur à noircir en présence de la plus petite quantité de fer.

VERT. Mélange de bleu de Prusse verdâtre et de chromate de plomb jaune citron.

VIOLET. Bois de Campêche et alun.

LILAS. Bois de Campêche et sel d'étain. L'addition de lait écrémé à la décoction en sépare une matière colorante fauve que l'on retient par la filtration : on obtient ainsi une nuance plus fraîche.

JAUNE CHAMOIS. S'obtient par 85 de sulfate de fer et 100 de cristaux de soude ; puis dissolution aqueuse de chlore en suffisante quantité pour faire tourner la couleur du vert au jaune ; pour les papiers communs, on emploie l'ocre jaune.

Par l'azurage, on n'a pas toujours pour objet de colorer légèrement en bleu, mais, le plus souvent, de masquer un défaut de blancheur par l'addition d'une teinte complémentaire. Le ton à corriger étant communément jaunâtre, on a recours, pour le faire disparaître, au bleu ou au violet ; lorsque la proportion n'en est pas excédante, le papier demeure blanc mat ; si elle la dépasse, il est dit azuré.

Le rose de Fernambouc, le lilas de Campêche et le bleu de Prusse servent pour l'azurage des pâtes blanches ordinaires ; les bleus de cobalt et d'outre-mer, pour les qualités supérieures. Le cobalt présente l'inconvénient de se déposer sur le revers de la feuille, et de donner ainsi un azur plus intense sur une face que sur l'autre ; il est particulièrement employé, lorsqu'on doit encoller à la gélatine. Le second a plus de feu et ne se dépose pas sensiblement ; mais il est peu stable et se décolore, si l'eau dans laquelle on travaille n'est pas pure de chlore, d'acide ou d'un excès de sel acide, tel que l'alun. Pour un azurage léger, on compte 3 kilogr. de bleu de cobalt, ou 1 kilogr. de bleu d'outremer, pour 100 kilogr. de papier.

L'azur se met dans la pile après l'encollage ; le même ordre est généralement suivi pour les autres colorations.

Les papiers de couleur, collés à la gélatine et séchés à l'air, sont d'un ton plus éclatant et plus frais que ceux collés à la résine et séchés à la machine ; on doit remarquer aussi que le satinage, ou apprêt à la lisse, fonce les teintes.

MACHINE A FABRIQUER LE PAPIER CONTINU. La pâte convenablement préparée étant réunie dans un grand cuvier placé en tête de la machine, on la fait arriver par un robinet ou un appareil régulateur, dont on règle la dépense en raison des besoins, dans le premier compartiment de la cuve à *ouvrage* ou *vat* A (fig. 1971), doublée en zinc, dans laquelle tourne un agitateur *a* qui mêle la pâte avec l'eau versée par le robinet ; quatre vannettes *b* la distribuent sur l'épurateur B, composé d'un cadre en cuivre à quatre compartiments contenant quatre autres cadres ou tamis *b'* également en cuivre ; un mouvement oscillatoire est imprimé à l'épurateur par une roue à rochet *b''*, dont les dents font lever et baisser les branches B'. Cet épurateur retient les boutons, et laisse passer la pâte au travers du tamis *b'* dans le second compartiment A', où elle est de nouveau remuée par l'agitateur *a'* ; de là elle passe par la vanne C, dont l'ouverture est réglée par le levier *c* ; elle traverse ensuite plusieurs coulisses *c''*, qui l'obligent à s'étendre en largeur, et arrive dans la caisse D, où elle dépose le gravier dont elle peut être chargée ; de là, maintenue à droite et à gauche par les règles *d*, elle se répand sur la toile métallique E, portée, dans une partie de sa course, sur les petits cylindres en cuivre *c'*, engagés, par leurs tourillons, dans les règles *e*. L'ensemble de la toile et des rouleaux est ce qu'on appelle la *forme* ou la table de fabrication.

La toile métallique, tendue par des rouleaux *f* et passant sur un cylindre de renvoi *d''*, a une marche constante comme une corde sans fin ; elle éprouve,

Digitized by Google

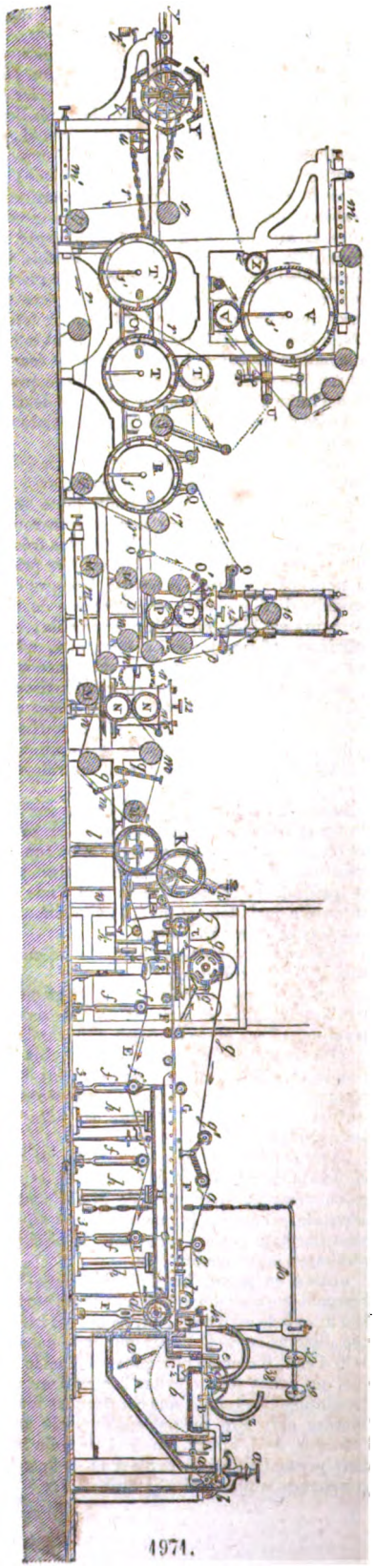
pendant son parcours, un mouvement latéral très rapide de va-et-vient, qui lui est imprimé par un cadre en fonte F auquel elle est attachée. Ce cadre porté par des pieds *ff*, mobiles dans le sens latéral de la machine, sur des axes ou goupilles 3, est mû par un levier F'. Le mouvement oscillatoire qu'éprouve la toile feutre le papier, et remplace le travail du plongeur ou ouvreur.

Pour déterminer la largeur qu'on veut donner à la nappe de pâte, on emploie deux règles G; leur plus grand écartement est dans la plupart des tables de 1m,40; les petites poulies en cuivre *g*, qu'elles portent, guident une courroie sans fin *g'* en cuir ou en tissus et caoutchouc de 2 centimètres d'épaisseur appelée aussi *couverte*. Cette courroie, qui marche avec la même vitesse que la toile métallique et passe sur la poulie de renvoi *g''*, a pour effet d'émarger la pâte humide dans son trajet sur les rouleaux *e*; elle se nettoie en traversant la petite cuvette 4, où elle reçoit un jet d'eau par un tuyau *g'''*. L'eau s'écoule de la cuvette par une goulotte.

La toile métallique entraîne la pâte en égalisant son épaisseur, et laissant, pendant sa marche, passer à travers les mailles et s'égoutter, dans la cuvette plate H portée par des pieds en fonte *h*, l'eau dans laquelle la pâte n'est que suspendue; cette cuvette a une légère inclinaison, afin que l'eau s'écoule par un conduit et retourne à la damille *z*, qui la renvoie dans le réservoir supérieur. Une petite caisse 5 est disposée à l'extrémité antérieure de la cuvette H; un tuyau 6 y amène de l'eau qui est chassée par une fente sur toute l'étendue du rouleau de tête ou de retour *d''*, et entraîne la pâte qui pourrait s'y attacher. 7,7, sont des tuyaux en cuivre percés de petits trous, dans lesquels arrive l'eau pour arroser et laver la toile à son retour. Cette toile, après avoir passé successivement sur les rouleaux *e* de la forme et sur ceux qui la dirigent vers les presses K, K', rencontre, en quittant les courroies *g*, une caisse I sur laquelle elle glisse. Cette caisse, fixée au bâti et occupant toute la largeur de la machine, contient quatre petits rouleaux semblables à ceux *e*. Un vide de quelques centimètres de mercure s'y établit au moyen d'un aspirateur; l'idée de ce dispositif est due à M. de Canson; il consiste en une pompe pneumatique composée de trois cloches plongeant dans une cuve remplie d'eau, et mises en mouvement par un arbre à trois coudes formant manivelle. Un tuyau établit la communication entre la caisse I et l'aspirateur. (Voir, pour le détail de cette machine, le Recueil de feu M. Leblanc.) Cette opération a pour but de faire égoutter les pâtes *grasses* ou d'une épaisseur notable. En effet, le papier, presque liquide, reçoit en passant la pression de l'atmosphère, qui force l'eau à traverser la toile métallique et à tomber dans la caisse I, d'où elle s'échappe par un tube coudé *i*. On évite ainsi les *écrasés* sous la presse humide, où le papier arrive après avoir passé sous le rouleau égoutteur J, qui l'affermit et le prépare à cette première pression, en même temps qu'il fait couler l'eau qu'il pourrait encore contenir.

Le cylindre J est composé de deux toiles métalliques superposées, de finesse de maille différente; la plus fine forme la circonférence extérieure; une raclette en bois, *j*, garnie de drap, en appuyant sur le cylindre, la nettoie.

La presse humide, ou première presse, est composée de deux cylindres en cuivre K, K', revêtus chacun d'un manchon en feutre; le papier y est pressé et prend assez de consistance pour être abandonné un instant à lui-même dans le court trajet du cylindre K au rouleau M; cette pression est réglée par deux leviers *k* portant chacun un poids *k'*. Une raclette en bois *k''*, le long de laquelle un tuyau 10, jette de l'eau, nettoie le cylindre K.



Digitized by Google

M, M', sont des rouleaux diversement supportés ; l'un d'eux, M', sert à tendre le feutre *m*, dans le sens de sa longueur, à l'aide des règles *m'*, sur lesquelles les supports peuvent glisser et être fixés par une goupille au point convenable. La tension, suivant la largeur, s'obtient par les tirettes *q*, composées de deux petits galets qui pincent la bordure en cuir du feutre.

La toile métallique, ayant déposé le papier sur le feutre *m*, revient en glissant sur les rouleaux de tension *f*; les jets d'eau partis des tuyaux criblés 7, la débarrassent des particules de pâte dont elle serait restée chargée.

Le feutre coucheur *m*, faisant suite à la presse humide, conduit le papier sous les cylindres en fonte N, N', de la deuxième presse. Ces cylindres, montés dans une cage 11, sont serrés l'un contre l'autre par la vis 12. Une raclette en fonte *n'*, composée d'une lame mince pincée fortement entre une règle en fer et le corps de la racle et fixée par des vis, nettoie le cylindre supérieur N'.

Le papier est pressé entre les cylindres N, N', à nu d'un côté, tandis que de l'autre il repose sur le feutre *m*; celui-ci lui fait faire encore un court trajet, puis il l'abandonne pour le laisser passer sur les cylindres O, O'; après quoi, il est saisi par le feutre *p* tendu par un rouleau supérieur 16, qui le conduit entre les cylindres en fonte P', P', de la troisième presse, où il subit la même opération que précédemment, mais en sens inverse, afin de lui ôter l'*envers* que lui a laissé la deuxième presse. Les cylindres en fonte P, P', sont montés dans une cage 13; le cylindre supérieur est serré contre le cylindre inférieur par une vis 14; une raclette 15, semblable à celle des cylindres N, N', le nettoie. L'eau qui s'égoutte du papier, par l'effet de la pression, tombe dans une cuvette *p'*; il y en a une semblable sous la presse N.

En sortant de la presse P, le papier passe sur les rouleaux en cuivre Q, Q', et arrive sur le premier cylindre sécheur en fonte R, dans lequel la vapeur est introduite par un tuyau commun *s*, parcourt l'intérieur du cylindre, l'échauffe, et s'échappe en partie condensée par le tuyau plongeant *s'*, qui, avec le précédent, fait partie de la même pièce qui pénètre dans le cylindre par l'orifice ouverte au centre de l'un de ses tourillons ; un robinet adapté à chaque cylindre règle l'entrée de la vapeur.

Un feutre épais et d'un lainage fin *r*, passant sur des rouleaux 17, 17, presse le papier contre la paroi extérieure du cylindre R. En quittant ce cylindre, il suit la marche du feutre *r* passant sur le rouleau *s*, pour l'amener à un autre séchoir T, également chauffé par la vapeur, dont il parcourt les trois quarts de la circonférence et y subit la même opération que sur le premier séchoir ; au moment d'en sortir, il rencontre le cylindre apprêteur T'', qui lui donne un premier apprêt d'un côté.

Après avoir éprouvé la chaleur des cylindres sécheurs, le papier remonte jusqu'aux rouleaux U, U'', d'où il descend pour venir recevoir entre le cylindre V, également en fonte, chauffé par la vapeur, et le cylindre V, un deuxième apprêt ou satinage du côté opposé au premier. En quittant le cylindre V, le papier passe sur le rouleau X, et vient enfin s'enrouler sur les devidoirs Y, composés d'une couronne *y''* et de broches à équerre maintenues en place chacune par une vis de pression. Le quatrième cylindre sécheur T' sèche le feutre ou bien encore le papier.

Le premier dévidoir étant suffisamment chargé de papier (60 à 80 épaisseurs), on coupe la feuille, on fait basculer le levier *y*, et le second dévidoir vient occuper la place du premier; le bout du papier coupé est posé sur un des liteaux de ce dévidoir, et l'y accompagne jusqu'à ce qu'il ait fait un tour.

Les épaisseurs de papier sont divisées transversalement et d'un seul coup, et ensuite porté sur des tables à rainures, où le papier est de nouveau coupé suivant les besoins du format.

La machine entière absorbe une force évaluée à trois chevaux; elle peut être considérée formée de trois parties bien distinctes par ses fonctions, et par les vitesses différentes qu'il est utile d'imprimer à chacune d'elles en particulier; on en concevra la raison, si l'on songe à l'allongement que le papier humide doit éprouver par le moindre effort de traction. De là résulte l'obligation de faire marcher la deuxième presse plus vite que la presse humide, la troisième presse un peu plus vite que la deuxième, et les sécheurs, à très peu près, comme la troisième presse : ces divers mouvements sont rendus variables par des transmissions par poulies extensibles.

Plus le papier est mince, plus son étoffe s'étend, et plus, par conséquent, l'accroissement de vitesse relative devient nécessaire. Si cet appel est insuffisant, il se produit des fronces qui font pli en passant sous les pressions et dans les sécheurs; s'il y a excès de tirage, il y a rupture fréquente de la feuille. Les papiers de force moyenne s'allongent ainsi de plus d'un vingtième depuis la table de fabrication jusqu'aux sécheurs, et ils perdent en largeur par la dessiccation un soixantième environ. Les papiers minces doivent se fabriquer vite, c'est-à-dire à raison de 15 à 20 mètres de longueur par minute : il n'y a pas avantage réel à dépasser ce terme; et les papiers forts entre 5 et 8 mètres : on est arrêté ici par la difficulté de sécher la feuille, et d'exprimer rapidement l'eau au moment où elle se forme. Cependant, en chauffant l'eau, on en augmente la fluidité; la pâte semble perdre alors, en grande partie, sa propriété spongieuse. A cet effet, un tube de vapeur dirigé sur le vat plonge dans la pâte qu'il contient.

La dessiccation du papier doit être conduite avec un grand soin ; celui qui est imparfaitement sec est mou, godé et rugueux ; celui qui l'est trop est *crispé*, plissé, cassant et mal apprêté. La chaleur doit être graduée, en augmentant son intensité du premier cylindre sécheur au dernier. Il y aurait lieu, à cette occasion, de rechercher l'origine des mal façons de la fabrication à la machine, et de les accompagner des moyens de les prévenir ou d'y remédier ; mais les causes qui ont leur siége dans la machine elle-même, et celles dont l'origine est dans la pâte, sont nombreuses, et se combinent si diversement entre elles, qu'elles créent une série que, à notre regret, nous devons nous abstenir d'aborder. Du reste, il faut le dire, en pareille matière, quelque soit l'excellence des préceptes, la mobilité des circonstances, l'imprévu, les rendront insuffisantes ; une pratique éclairée obvie seule à cet ordre de difficultés.

CASSÉS, ROGNURES. On entend par cassés le papier déchiré accidentellement pendant le travail de la machine, soit sec, soit humide, devenu par là impropre à figurer dans le produit en bon de la fabrication ; il en est de même pour les rognures quant au résultat ; seulement elles tombent par la coupe du papier, lorsqu'on affranchit les *rives* ou lisières de la feuille, ainsi que le biseau formé transversalement par le contour du dévidoir. La proportion de ces dernières au papier est ordinairement de 6 pour 100 ; on réduit à près de moitié ce chiffre, en employant une machine spéciale qui coupe le papier en long et en travers d'une manière continue. Cette disposition, adoptée en Angleterre, donne de bons résultats.

Les cassés et rognures sans colle, recueillis avec la plus grande propreté possible, sont reportés par portions à la pile raffineuse pour y être battus et transformés de nouveau en pâte ouvrable ; quant à ceux qui sont collés, ils sont trempés et parfaitement brassés à l'eau bouillante avant d'être envoyés au cylindre. Il est souvent préférable de ne faire resservir ces débris

Digitized by Google

que dans une pâte qui leur soit un peu inférieure en beauté, car ils reproduisent toujours un papier moins pur et plus terne.

SALLE D'APPRÊT. Les papiers fabriqués et coupés sont immédiatement transportés dans cet atelier pour y être visités et classés. S'ils sont sans colle et destinés à être collés à la gélatine, on leur donne cet encollage après un premier choix et un épluchage, dans lequel on doit s'appliquer à ne laisser aucun bouton, et, ainsi que les papiers sans colle ou collés à la résine, ils rentrent à la salle pour y recevoir la dernière façon qui les rend livrables au commerce. La nature de ces dernières préparations peut se résumer à peu près ainsi et dans l'ordre suivant : le papier est *épluché*, c'est-a-dire que les boutons de pâte que l'épurateur n'a pu arrêter sont enlevés à l'aide d'un grattoir, et, au fur et à mesure, chaque feuille est classée en raison des légères imperfections qu'elle peut accuser. Cette répartition se fait en trois choix, au plus, de papier vendable ; vient ensuite le choix des *utilisés*, qui portent un défaut qui les ferait rejeter aux rognures, s'il n'était disposé de façon à disparaître dans la recoupe d'une réduction de format, et enfin, les *casses*, feuilles trop incomplètes ou trop défectueuses pour qu'on en puisse tirer parti autrement que par la refonte. Les premier, deuxième et troisième choix sont mis en presse, à plat, par poignées de 500 à 1000 feuilles entre des plateaux de bois ou de carton, puis soumis à un nouvel examen ou simplement échangés. L'*échangeage* a pour but de donner de l'uniformité au grain du papier, en changeant la disposition des feuilles les unes à l'égard des autres pour établir le contact entre des points différents : on remet en presse. L'épluchage, l'échangeage et la pressée sont répétés plusieurs fois, si la qualité du papier l'exige ; et, dans le cas où il serait irrégulier d'épaisseur ou de nuance, il est, en outre, rassorti selon ces deux conditions ; enfin, il est compté par cahiers ou par mains réunies en rame, et mis encore sous presse avant d'être couvert d'une maculature ou enveloppe.

Les apprêts à la presse font disparaître les rugosités du papier sans effacer le grain de son étoffe ; la lisse, à son tour, a pour objet d'en faire disparaître le grain. L'emploi de cette dernière machine est restreint à certaines sortes de papiers ; c'est un laminoir à deux cylindres en fonte dure, d'une cylindricité rigoureuse ; l'un des deux reçoit le mouvement, et commande à l'autre seulement par le fait du travail. Pour pratiquer le lissage, on intercale, entre des feuilles de carton ou de metal, les feuilles de papier à apprêter, de sorte que chacune d'elles touche par ses deux surfaces aux surfaces de deux cartons ; un certain nombre de feuilles ou *jeu*, ainsi disposé, est engagé d'un côté de la lisse entre les deux cylindres, qui le restituent de l'autre, après lui avoir fait subir une pression considérable. Les cartons spécialement destinés à cet usage doivent être lisses, d'égale épaisseur dans toute leur étendue, souples, inextensibles, minces et très résistants. Les feuilles métalliques sont d'acier, de zinc ou de cuivre ; mieux que les cartons, elles doivent posséder les qualités que l'on recherche dans ceux-ci ; il les faut exemptes de gerçures, soufflures et d'ondulations qui détruiraient la rectitude de leurs surfaces.

Le papier est dit *lissé*, *satiné*, *glacé*, en raison de l'aspect qu'il présente à la suite d'une pression plus ou moins énergique ; lissé : il est un peu plus uni, plus lisse qu'apprêté à la presse ; satiné : il est doux au toucher, un peu brillant, sans avoir acquis de transparence ; glacé : il est glissant au toucher, brillant, d'une plus grande transparence. Le lissage et le satinage s'obtiennent avec les cartons ; mais le glaçage ne peut s'opérer qu'avec les feuilles de cuivre, etc.

Il est évident que le nombre de feuilles, leur surface, et le temps qu'elles mettront à passer entre les cylindres, seront autant de causes qui modifieront l'effet produit par une pression donnée. Les jeux sont ordinairement d'une main ou 25 feuilles ; pour obtenir le satinage, on les passe au moins deux fois à la lisse. La force dépensée dans les diverses circonstances de travail est extrêmement variable, comme limites extrêmes ; nous prendrons un demi-cheval et trois chevaux.

La pression qui, dans la plupart des lisses, s'exerce à l'aide de vis, a cela de défectueux, que, comme résistance à point fixe et insurmontable, elle n'est point égale sur toutes les parties du jeu, dont l'épaisseur ne peut être rigoureusement uniforme. Il résulte de là que, lorsqu'il s'agit de produire une forte pression, pour glacer, par exemple, les feuilles métalliques éprouvent un laminage inégal, se gondolent et se plissent en peu de temps. En substituant aux vis l'effort constant de leviers chargés de poids, ce grave inconvénient disparaît. Une disposition particulière apportée au mouvement et à l'embrayage, qui commande la lisse, permet le renversement du mouvement rapidement et sans secousses, de telle sorte que le jeu en travail, n'étant pas dessaisi par les cylindres, peut passer et repasser un nombre de fois pair, en faisant son entrée et sa sortie par le même côté, et n'exiger ainsi que le service d'un seul ouvrier.

FABRICATION DU PAPIER A LA MAIN. — Malgré le bas prix, la surabondance et la beauté des produits de machine, le commerce a dû réserver une place distinguée à quelques papiers de *cuve*, qui jusqu'à présent satisfont seuls aux exigences de certaines consommations. Nous ne croyons donc pas pouvoir nous dispenser de rappeler, au moins succinctement, la marche que l'on suivait dans le travail dit à la *main* ou à la *forme* ; ce travail ne s'est modifié essentiellement que par la préparation des pâtes, qui est en tout semblable à celle adoptée à la machine ; la mise en œuvre est demeurée exactement la même que ce qu'elle était autrefois.

Avant l'introduction des piles de cylindre, connue en Hollande dès le milieu du dix-huitième siècle, la trituration s'opérait à l'aide de pilons ou maillets ; pour favoriser l'action peu puissante de ceux-ci, on avait été conduit à faire subir aux chiffons un degré de fermentation suffisant pour les attendrir, sans porter trop de préjudice à la solidité du papier.

Les chiffons étant coupés et choisis sont mouillés et mis en tas dans un lieu nommé *pourrissoir ;* en peu de jours, la fermentation putride se développe au sein de cette masse avec production considérable de chaleur ; le tas est retourné de temps à autre, afin de régulariser et de modérer l'effet de la fermentation. Selon le papier à fabriquer, la qualité du chiffon et la température du lieu, cette opération dure de 5 à 20 jours.

Du pourrissoir, le chiffon est transporté aux piles de maillets qui ont pour fonction, ainsi que nous l'avons vu pour les cylindres, de détruire leurs tissus, de lui enlever les impuretés dont il est souillé et de l'amener à l'état de pâte parfaite. La pile de maillets est une cuvette en bois ou en pierre deux fois aussi longue que large, le fond est garni d'une masse métallique ou platine, laquelle reçoit le choc de trois ou quatre maillets ferrés placés de front ; ces maillets sont mis en mouvement par un arbre horizontal armé de cames qui les soulève et les laisse retomber, en commençant par une extrémité du rang et finissant par l'autre. Cette chute successive produit un déplacement dans la matière en trituration qui la pousse constamment dans le même sens et y détermine un mouvement de circonvolution que l'on favorise encore par la forme particulière donnée aux contours intérieurs de la cuvette. La pile est alimentée d'eau par un robinet à eau claire, tandis que l'eau salie à sa sortie sur le côté par un *cas* ou châssis garni de toile de crin ou de tissu en fils métalliques ; à fleur du

Digitized by Google

fond est aussi un grillage nommé *épierrier* ou sablier qui retient les corps lourds déposés par la pâte. Le défilage terminé, les maillets sont soustraits au mouvement du moteur, la pile est vidée et son contenu transporté dans une autre pile du même genre, mais disposée pour en effectuer le raffinage. Ces appareils ont le grave inconvénient de ne donner qu'un effectif de travail utile très faible, d'occuper un grand emplacement et d'obliger à de fréquents transports de pâte, aussi n'en conserve-t-on l'usage que pour quelques emplois particuliers; ils sont donc presque totalement remplacés par la pile à cylindre. Celle-ci fut adoptée d'abord en France, puis en Angleterre; le produit de son travail est estimé quadruple de celui des maillets; l'énergie d'action du cylindre a conduit naturellement à la suppression du pourrissage des chiffons, opération embarrassante, altérant la solidité et la blancheur du ligneux, occasionnant surtout beaucoup de déchet.

La pâte raffinée est transportée à la cuve à ouvrer où elle est délayée dans une quantité convenable d'eau; cette cuve est en pierre, en cuivre ou en bois; elle a environ 1m,50 de côté sur 1m,10 de profondeur; au-dessus, et portée par les bords opposés, est une planche nommée *trapan*, qui est garnie de fils de cuivre dans le sens de sa longueur pour faciliter le glissement de la forme. Sur le côté, à gauche de l'ouvreur, est une planchette fixée d'un bout au trapan et de l'autre au bord de la cuve; une petite pièce de bois en forme de crémaillère, nommée égouttoir, y est fixée verticalement; l'intérieur de la cuve est disposé de manière à en échauffer la pâte. On conçoit qu'il est aisé d'appliquer ici certaines parties qui figurent dans la machine comme agitateur, régulateur de pâte, épurateur, départ d'eau excédante, etc.

La forme est un cadre ou châssis soigneusement assemblé aux angles, maintenu par des petites traverses de bois léger appelées *pontuseaux;* ceux-ci sont disposés parallèlement entre eux et au petit côté de la forme, leurs arêtes supérieures forment un même plan avec les bords du cadre, ils servent de point d'appui à des fils métalliques qui couvrent toute l'étendue de la forme; ces derniers sont disposés en long, de 8 à 15 fils par centimètre, et arrêtés aux pontuseaux par un fil plus fin; cet assemblage prend le nom de *vergeuse*, et la trace qui est laissée sur le papier le fait distinguer par le nom de papier *vergé*. La marque du format ou du fabricant est figurée par d'autres fils de cuivre auxquels on donne le nom de *filigranes*. Le papier *vélin* est fait à l'aide d'une forme couverte d'une toile métallique de 25 à 35 fils par centimètre, ils sont alors assez fins pour ne causer aucune trace sensible dans l'épaisseur de la feuille. Ce procédé était connu en Angleterre depuis 1757; il avait pour objet d'imiter le grain et certaines apparences du vélin en parchemin de peau de veau. Maintenant que le travail des machines donne constamment ce résultat, on tente d'imiter, au moyen de toiles particulières, les papiers vergés de cuve. Quel que soit, du reste, le tissu, un cadre mobile appelé *frisquette* ou *couverte* s'applique exactement sur les bords de la forme, dont la hauteur, conjointement avec le plus ou moins de liquidité de la pâte, détermine l'épaisseur de la feuille de papier et dont les autres dimensions règlent la longueur et la largeur.

Le service d'une cuve se fait avec une paire de formes. L'ouvrier, qu'on appelle l'*ouvreur* ou *puiseur*, ayant posé la couverte sur la forme, la tient verticalement et la plonge à moitié dans la matière délayée, et, la tournant pour arriver à la position horizontale, il la couvre entièrement de pâte, la retire dans cette position et lui imprime divers mouvements saccadés et de balancement; ce tour de main demande une grande habitude de maniement: il a pour but de lier entre eux les filaments qui constituent la pâte et d'en opérer la distribution avec uniformité. L'ouvreur, ayant fait égoutter légèrement sa feuille, pousse sa forme le long de la planchette après avoir enlevé la couverte et la pose sur l'autre forme pour commencer une nouvelle feuille. En même temps, un autre ouvrier, le *coucheur*, placé à la gauche et en regard de l'ouvreur, reçoit la forme et la dresse contre l'égouttoir; pendant qu'elle achève de s'égoutter, il étend à plat devant lui un *flotre* ou feutre, puis enlevant la forme de la main gauche il la renverse sur le feutre et l'y appuie, la feuille se détache de la forme et reste sur le feutre; de la main droite, il renvoie la forme sur le trépan, laquelle est de nouveau reprise par l'ouvreur. Le coucheur continue à déposer sur la première feuille un second feutre et sur celui-ci une feuille de papier. Ces deux ouvriers procèdent ainsi simultanément, se passant tour à tour une forme chargée de pâte et une forme vide jusqu'à ce que les feuilles couchées entre les feutres aient atteint le nombre convenu pour former une *porse;* on porte le tout sous une presse pour en faire sortir le plus possible d'eau. Un troisième ouvrier, appelé *leveur*, sépare les feutres des feuilles; d'un côté, il place celles-ci les unes sur les autres entre deux plateaux; de l'autre, les feutres sont empilés et renvoyés au coucheur qui peut en reprendre immédiatement possession; à la fin de la journée, tout le papier ainsi préparé étant réuni est soumis à une pression modérée et exercée par intervalle pour en exprimer l'eau. On procède au *relevage*, qui consiste à échanger les feuilles les unes après les autres pour faire disparaître le grain des feutres, et on remet sous presse avec plus de force, après quoi on les transporte à l'*étendoir* ou séchoir. Ces noms font assez connaître la destination du local; il est occupé par des cordeaux tendus entre des traverses mobiles sur des poteaux convenablement distancés. Une ouvrière prend plusieurs feuilles à la fois qu'elle pose sur un *frelet*, instrument de bois en forme de T, les passe entre les cordes et les dépose sur une seule; allant ainsi de proche en proche, elle garnit un certain nombre de cordeaux. Des volets très multipliés sont disposés pour graduer les courants d'air dans toutes les expositions; l'hiver un chauffage et une ventilation bien dirigée remplacent le séchage à l'air libre; les feuilles étant sèches sont enlevées à la main ou au frelet et portées à la salle d'apprêt.

HISTORIQUE. Le mot papier dérive, comme on sait, de papyrus, plante d'Egypte, dont on prenait le liber ou écorce intérieure pour former des feuilles propres à recevoir l'écriture. Le papier fut en usage de temps immémorial dans quelques parties de l'Asie; la pratique religieuse usitée en Chine, de brûler des feuilles dorées ou ordinaires, est antérieure à l'ère chrétienne. Vers ces temps reculés, les Japonnais en fabriquaient avec l'écorce du mûrier, le chanvre, le bambou, la paille de riz et le coton. C'est au commencement du huitième siècle que les Arabes, ayant appris des Tartares les procédés de la fabrication du papier de coton, l'apportèrent sur les côtes de Barbarie, puis en Espagne; bientôt l'usage s'en répandit en Europe, et fit tomber celui du papyrus. Suivant une autre opinion, l'emploi du coton serait originaire de la Grèce, et connu seulement depuis le onzième siècle. On est porté à croire que c'est en Espagne, au douzième siècle, qu'a pris naissance la fabrication du papier de vieux linges, d'où elle passa en France vers la fin du treizième siècle; dans le courant du quatorzième plusieurs fabriques de ce genre s'établirent en Allemagne et en Italie. Le premier moulin à papier anglais fut construit à Dartford, vers 1588, par un joaillier allemand au service d'Élisabeth; cet établissement n'ayant pas prospéré, l'Angleterre tira encore pendant 70 ans environ ses papiers à écrire de France et de Hollande. En 1658, on portait à une valeur de plus de deux millions de livres tournois les papiers de toute espèce fabriqués en France, exportés en Hollande et en Angleterre.

Digitized by Google

Jusqu'en 1799, le mode de fabrication des papiers n'était arrivé que très lentement à de légers perfectionnements, lorsque Louis Robert, employé dans une papeterie à Essonne, conçut un système mécanique qui devait être appelé à ouvrir une ère nouvelle à cette industrie longtemps stationnaire. Nous ne pouvons passer sous silence les principaux faits qui se lient à l'enfance de cette création entièrement neuve; ils serviront à constater les difficultés et les retards qu'elle rencontra dans son développement, et combien fut tardif son emploi général en France.

La machine de Robert avait pour objet de produire des feuilles de papier d'une certaine largeur et d'une longueur indéfinie, par un mouvement continu. L'inventeur obtint un brevet de quinze ans, et reçut de la part du gouvernement français une somme de 8,000 francs à titre d'encouragement; peu après, il céda à Léger Didot, alors directeur de la papeterie d'Essonne, son brevet et sa machine; ce dernier se rendit immédiatement en Angleterre, où il contracta plusieurs engagements pour la faire construire et fonctionner. MM. Didot et John Gamble, associés, prirent en Angleterre un brevet, en avril 1801, qu'ils concédèrent à MM. Henry et Sealy Fourdrinier, en janvier 1804, en se faisant une réserve que M. Gamble abandonna en 1808 après avoir épuisé son avoir; néanmoins, par trois années d'un travail opiniâtre, une machine avait été montée sous sa direction à Saint-Neots, en 1803; elle était due à l'exécution intelligente et heureuse de M. Bryan-Donkin. Ce mécanicien, secondé par MM. Fourdrinier, parvint à aplanir les plus grandes difficultés d'exécution mécanique, à rendre pratique la pensée de l'inventeur.

La première machine construite en France le fut en 1815 par M. Calla, mécanicien à Paris. MM. Berte et Grevenich, auxquels il fut délivré en 1814 un brevet d'importation de quinze ans, furent les premiers qui firent fonctionner en France la machine à papier; elle fut pendant plusieurs années la seule en activité. Les premières machines étaient dépourvues de cylindres sécheurs; le papier arrivait tout mouillé sur le dévidoir, de là il était porté aux étendoirs pour y être séché comme les papiers à la main.

M. Canson et MM. Montgolfier, des premiers, ouvrirent largement la route dans laquelle on hésitait encore à s'engager, pressentant les conséquences du nouvel ordre de travail; le lessivage, le blanchiment au chlore, l'encollage à la cuve, et beaucoup d'autres améliorations de ce genre, ou mécanique, parurent.

Le jury de l'exposition de 1827 constata l'existence, en France, de quatre papeteries seulement travaillant par procédés mécaniques. En 1834 il y en avait douze; aujourd'hui le nombre des machines s'est élevé à plus de deux cent trente. Lorsque cette machine fut réimportée en France, époque à laquelle l'Angleterre avait le privilége exclusif de fournir aux besoins de la papeterie, elle était loin de remplir les conditions désirables; elle devint un objet d'études pour nos meilleurs constructeurs. C'est particulièrement à M. Chapelle que nous devons, non seulement d'être affranchi du tribut que nous payions à l'Angleterre pour cet objet, mais encore d'exporter à l'étranger des machines dont la supériorité est telle, qu'elles sont, dans la plupart des cas, préférées et substituées à celles de construction anglaise.

De toutes les tentatives qui ont eu pour but de fabriquer le papier à l'aide d'une machine, en suivant d'autres voies que celle tracée par L. Robert, nous devons remarquer celle dont la première idée est due à Ferdinand Leistenschneider, et pour laquelle il prit en 1813 un brevet; elle fut successivement perfectionnée par par M. Zuber et M. Rieder. Cette machine a conservé le nom de son inventeur; on la désigne aussi sous le nom de machine ronde, parce que sa forme est cylindrique au lieu d'être une table rectangulaire plane (nous renvoyons pour sa description au Bulletin de la Société d'Encouragement, juillet 1837).

En septembre 1838, M. Et. Brocard prit un brevet de cinq ans pour une machine composée de plusieurs formes circulaires placées les unes à la suite des autres; chaque forme faisant sa feuille, elles se superposent et se réunissent en une seule en passant sous les pressions déjà décrites de la machine plate. Ce dispositif a pour objet de produire des papiers d'une grande épaisseur et d'une grande force, d'obtenir à volonté les deux surfaces de couleurs différentes entre elles, et différentes même de la partie intérieure, si l'on suppose trois formes, au moins, en travail. Un résultat analogue, quant aux papiers doublés, a été obtenu entre deux machines à table plane par M. de Burges pour l'exécution de son papier de sûreté. On pourrait encore citer pour une fabrication spéciale l'association de la forme plane à la forme ronde, qui a été adoptée par MM. Dufay frères; un brevet de cinq ans a été pris pour cet objet en avril 1844.

Il nous reste, avant de terminer, à donner un aperçu général des machines qui ont été créées en vue de diminuer la main-d'œuvre, ou de remédier aux imperfections de son service. Dans le nombre de ces machines additionnelles, bien que considérable, on en découvre à peine quelques-unes réalisant les bénéfices qu'elles promettent; mettant d'abord de côté toutes celles dont la conception est fausse, beaucoup d'entre celles qui sont dans le vrai théorique ont le défaut de n'être point manufacturières. Il en est qui rendent, cependant, de véritables services, encore qu'il faille se mettre en garde contre les erreurs d'appropriation; c'est un des écueils contre lesquels l'imitation échoue fréquemment, et qui conduit naturellement à la divergence des opinions au sujet d'une même chose.

Coupeuses de chiffons. En parlant du coupage des chiffons, nous avons dit qu'il existait des machines qui opéraient ce travail après le choix; ces machines sont, pour la plupart, des hache-paille très peu modifiés; elles ne marchent bien qu'à la condition d'être d'une forte construction, à l'abri des vibrations et des dislocations causées par le choc des couteaux, car leur vitesse doit être au moins de 10 mètres par seconde. Un autre système, celui de cylindres à cisaille, coupe sans choc, mais il est plus sujet à l'engorgement par les chiffons. Les coupeuses absorbant une force qui excède souvent celle de deux chevaux, peuvent couper en moyenne 500 kilos de chiffons par heure; leur coupage est des plus inégal, et, pour cette raison, fait faire un peu plus de déchet que le coupage à la main; les chiffons s'en élavent moins bien et produisent un défilé moins régulier. Ces machines coupent beaucoup mieux les chiffons grossiers et durs que ceux qui sont fins et mous; aussi, conseillons-nous leur emploi dans les fabrications qui s'alimentent de fortes toiles bises et de cordes, matières qu'il est si fatiguant de couper à la main et qui ne réclament pas de soins particuliers.

Releveuses de pâte. MM. Blanchet frères, de Rives, auxquels on doit les tambours laveurs, ont fait l'application du principe de la machine Ferdinand ou à forme ronde, au relevage des pâtes perdues pendant le lavage des défilés et le travail de la machine à papier. Cette machine, fort simple et peu embarrassante, fonctionne sans surveillance; c'est un tambour revêtu de toile métallique fine, tournant sur son axe, faisant office de filtre, continuellement nettoyé du dépôt filamenteux formé à sa surface, lequel est recueilli pendant le mouvement même. On retrouve de cette manière des pâtes très courtes et grasses, qui, sans avoir la valeur de celles d'où elles tirent leur origine, peuvent trouver leur emploi, comme remplissage, dans des pâtes inférieures, surgos et peu garnies.

Digitized by Google

RÉGULATEURS. La difficulté de fabriquer une partie de papier dont toutes les feuilles aient le même poids, réside dans le maniement du robinet de pâte, principalement toutes les fois qu'on veut suivre les causes perturbatrices du poids voulu, pour en neutraliser l'effet. Le régulateur, substitué au robinet, a pour objet de faire produire à la machine, sur une largeur donnée et avec une pâte de composition constante, un papier dont chaque feuille reste d'égal poids ou épaisseur, quelles que soient les variations de vitesse de la machine et de niveau dans le réservoir d'alimentation. Cet appareil, une fois réglé pour un poids donné d'une rame ou d'une feuille, fonctionne de lui-même en délivrant des volumes de pâte proportionnels aux vitesses dont la machine est animée. Les régulateurs de pâte imaginés jusqu'à ce jour n'atteignent pas rigoureusement leur but, soit qu'ils exigent des soins trop minutieux de la part des ouvriers, soit qu'ils affectent une disposition mal appropriée au liquide empâté qui les traverse, et qui se dérobe aux lois ordinaires de l'hydrostatique. Il faut se garder de ceux qui peuvent rouler la pâte en petites pelottes, et de ceux dont le mouvement excite la production de mousse. Quoi qu'il en soit, nous croyons qu'il y a encore plus à compter sur la régularité quelque peu imparfaite de ces machines, que sur l'habileté et l'attention peu soutenue, et parfois impuissante, de l'ouvrier conducteur.

ÉPURATEURS. On a vu, dans la description des machines, que l'épurateur de M. Chapelle est divisé par paniers de bronze à fond refendu enchâssés dans un seul cadre, distribution qui permet le nettoyage complet pendant le travail même ; lorsqu'aux changements de pâte elle s'offre plus longue ou plus courte, le jeu de paniers est remplacé par un autre jeu dont les fentes sont plus ouvertes ou plus serrées. L'épurateur Donkin ne peut se nettoyer pendant la marche, mais il ne nécessite pas l'emploi de différents jeu de paniers lors des changements de pâte ; c'est une caisse de bronze formée d'un cadre et dont le fond est occupé uniquement par des barreaux mobiles également distancés entre eux par les épaisseurs de petites équerres bien calibrées, qui sont toutes remplacées par de plus épaisses ou de plus minces, suivant l'ouverture voulue des rainures. Les épurateurs disposés en cascade, c'est-à-dire déversant les uns dans les autres, du plus ouvert dans le plus serré, nous semblent, à tous égards, préférables à l'établissement sur un seul niveau ; ils sont moins sujets à déborder par suite d'engorgement, et, dans ce cas même, le mal est moins grave et plus réparable ; de plus, la pâte est tamisée à un degré plus grand de finesse, et, à la rigueur, le nettoyage peut se faire en marchant.

SABLIÈRES. Les sablières de la machine à papier sont des bassins d'une grande surface et peu profonds placés sur le vat, soit avant, soit après l'épurateur ; ils sont occupés dans toute leur étendue par des lames de bronze soutenues à une certaine distance du fond, disposées à la manière des lames d'une persienne dans un plan horizontal et transversalement à la machine. La pâte emplit ces bassins et parcourt avec lenteur toutes les lames en les submergeant de quelques millimètres ; la présence de ces lames, en brisant le courant direct, oblige la pâte à se mouvoir sur toute l'étendue du bassin, dans les couches voisines de la surface seulement. Il résulte de là que les corps plus lourds que la pâte, et qui ne sont maintenus en suspension que par l'agitation, se déposent au fond de la sablière toutes les fois qu'ils entrent dans une couche à l'abri des courants et contre-courants. Par cette sorte de décantation, on réussit à retenir la presque totalité du sable inévitablement contenu dans la pâte, et même une quantité notable de boutons de pâte. Cet appareil est donc d'un excellent office ; il devient indispensable dans une fabrication soignée ; les grains de sable, tant fins soient-ils, criblent le papier lors du lissage, dépolissent et piquent les feuilles d'apprêtage, comme aussi les cylindres de la machine ; ils sont très nuisibles à la gravure en taille-douce, à la gravure sur bois, aux caractères typographiques, etc.

ROULEAUX ÉGOUTTEURS. On fait maintenant des rouleaux égouteurs à vergeurs, comme nous avons dit qu'on le pratiquait pour certaines toiles métalliques sans fin, et cela uniquement pour simuler le papier de cuve non vélin. Nous verrions avec plaisir qu'on appliquât de préférence la propriété de déplacement de la toile et celle d'impression du rouleau, à l'indication autrement significative, de la marque ou du nom du fabricant ; nous ne ferions en cela que suivre l'exemple que nous offre cette partie de la fabrication anglaise qui a tout intérêt à avouer ses produits.

CALANDRES. Nous établirons une distinction de cette machine avec la lisse proprement dite, en ce que nous considérons la calandre fonctionnant à la suite et de continuité avec la machine, exerçant sur le papier une pression à sec ou à nu, c'est-à-dire sans l'intermédiaire de feutres, de cartons ou de feuilles métalliques, travail qui se réduit à un laminage entre deux cylindres ou plus. Une des calandres que nous trouvons d'une manœuvre facile et d'un bon travail consiste en trois cylindres dont les axes sont dans le même plan vertical ; celui du milieu est chauffé comme les cylindres sécheurs par une introduction de vapeur ; une communication de mouvement très simple permet de mettre ces trois cylindres au rôdage toutes les fois qu'ils cessent de fonctionner pour l'apprêt du papier ; de la sorte, la gravelure occasionnée par le sable est effacée avant qu'elle ne soit assez prononcée pour nuire au lissage du papier ; ce dispositif pare à l'inconvénient le plus grave que présente l'usage de cette machine. Le calandrage s'est prêté à l'emploi d'une quantité considérable de machines de configurations diverses, fondées toutes sur le même principe, la pression ou le frottement, mais sans modifications essentielles dans les résultats.

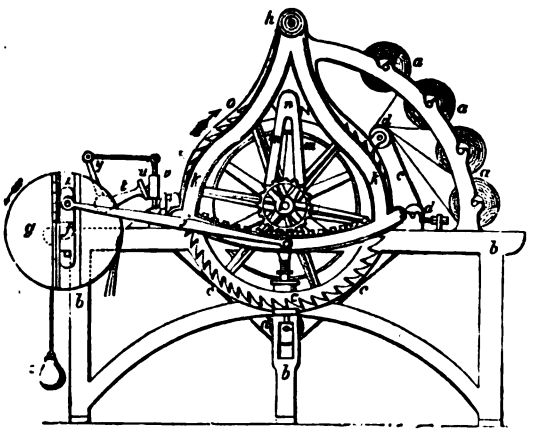
MACHINES A COUPER LE PAPIER EN LONG ET EN TRAVERS. Nous avons reconnu, en parlant de la coupe du papier enroulé sur les dévidoirs, qu'il y avait toujours quelque chose à perdre par le biseau et la rognure transversale ; la machine à couper, substituée aux dévidoirs, annule cette cause de perte ; elle coupe le papier au fur et à mesure que la machine le produit ; la dépendance qui résulte de sa position, apportant d'un autre côté quelques inconvénients, une autre disposition a été généralement adoptée ; nous en offrons un exemple dans la machine suivante :

La fig. 1972 est le profil de l'un des côtés de la machine ; la fig. 1973 en est la section ou coupe par le milieu dans le même sens. *a*, *a*, *a*, *a*, sont quatre dévidoirs couverts chacun d'une feuille continue de papier, lesquels sont portés sur des crans de crémaillères pratiqués sur le développement du bâti *b b b*; *c c c*, est un drap épais en laine ou feutre sans fin, passant sur les rouleaux *d*, *d*, *d*, *d*, qui est tendu et s'applique sur la surface inférieure du tambour *e e*, que l'on distingue mieux dans la fig. 1973.

L'épaisseur de papier formée par les feuilles destinées à être coupées étant engagées entre le tambour *e*, et le feutre sans fin *c*, se dévideront par le tirage en dégarnissant à la fin tous les rouleaux *a*, saisies qu'elles sont, par la machine toutes les fois que la courroie de commande passera de la poulie folle sur la poulie fixe adaptée à l'extrémité de l'arbre *f*. Mais à mesure que la collection de feuilles chemine, elles se présentent à l'endroit où elles doivent être coupées, et là, devant rester un moment stationnaire, un mécanisme particulier devient nécessaire. Une plate-forme circulaire *g*, porte une cheville en *i*, sur laquelle s'adapte la bielle *j*, et lui communique le mouvement ; cette cheville est fixée sur une pièce soigneusement ajustée, glissant dans une gorge en queue d'aronde, en regard d'une règle

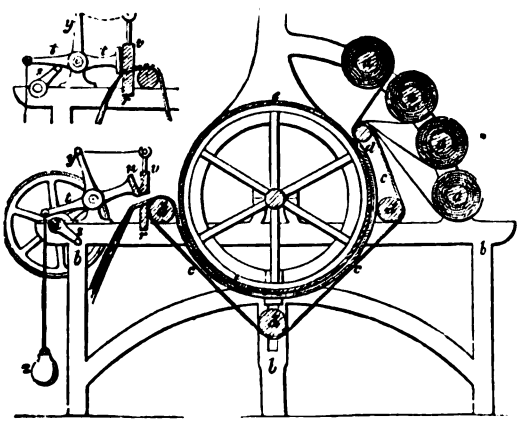
Digitized by Google

droite et maintenue fixe par une vis de pression; l'échelle graduée s'étend du centre à la circonférence du disque, de manière à faire varier l'excentricité de la cheville et, conséquemment, l'amplitude de son mouvement de manivelle. La bielle *j*, ajustée à la cheville *i*, se lie au contre-bâti oscillant de forme curviligne *k*, dont la partie inférieure dentée engrène avec la roue d'engrenage *l*, qui tourne librement sur l'arbre du tambour d'appel *e e*; de cette roue s'élèvent des bras *m*, *m*,



1972.

1974.



1973.

qui portent un ou plusieurs encliquetages buttant dans les dents de la grande roue de rochet *o o*, montée sur l'arbre du tambour *e*.

Le disque *g*, recevant son mouvement rotatoire dans la direction qu'indique la flèche, communiquera à l'arc denté *k* un mouvement dont le point *h* est le centre, et qui, engrénant sur la roue *l*, la fait tourner, en entraînant dans un mouvement oscillatoire inverse au précédent les deux bras *m*, *m*, ainsi que leur encliquetage *n*. Dans le balancement du point *n* de droite à gauche, le cliquet de l'encliquetage glissera sur la partie inclinée des dents de la roue à rochet *c*; mais, lors de son retour de gauche à droite, le cliquet buttera dans un entre dents sans pouvoir le franchir, s'embraiera, pour ainsi dire, sur la roue à rochet, la fera tourner, et mettra le tambour en mouvement tant que durera cette portion de révolution. Les feuilles de papier enfermées dans la moitié inférieure du tambour seront ainsi amenées en avant des rouleaux-dévidoirs par la pression, qui s'opère entre cette partie du tambour et le feutre sans fin, par longueurs correspondantes à l'étendue de l'arc décrit dans l'oscillation du système d'encliquetage.

Le couteau, qui coupe transversalement ces longueurs de papier, est mis en action dans le temps où l'arc d'oscillation n'embraie pas le rochet, c'est-à-dire quand, glissant de droite à gauche, il se porte en *o*, après avoir franchi les dents du rochet par l'inclinaison qu'elles présentent. L'amplitude de cette oscillation varie en raison de la distance de la cheville *i* au centre *f* du disque *g*; cette distance détermine la longueur du mouvement de pendule du contre-bâti *k*, celui du tambour *e* et, partant, la longueur du papier présenté à l'appareil qui le coupe. Les feuilles entraînées arrivent sur le repos *r* des barres de pression *r*, *v*, dont la partie inférieure est fixe; la came ou manivelle *s* soulève, dans sa révolution sur l'arbre *f*, l'un des bouts du levier *t*, fait descendre la barre mobile *v* (fig. 1974), et la fait porter de tout son poids sur la barre fixe, pince le papier, le fixe, et le prépare ainsi à recevoir une tranche nette. Alors le couteau transversal *u* descend, appuie par son tranchant sur le papier, le coupe entièrement en passant contre le tranchant de la lame fixée au repos *r*. Chaque révolution de la came *s*, lui faisant franchir l'extrémité du levier coudé *t*, le poids *z*, qui est attaché au levier, relève dans le même mouvement, et la barre d'application *v*, et le couteau *u*, à l'aide d'une corde passant sur une poulie : le passage dégagé admet la nouvelle portion de papier que le tambour est chargé de délivrer ainsi par alternatives. Le couteau mobile n'est pas fixé parallèlement à l'arbre du tambour ; on lui donne une légère inclinaison et un peu de concavité à son tranchant, afin de faire mordre progressivement sa lame sur celle qui est fixe. La barre mobile *v*, pour plus de précision, peut être mue entre deux guides.

Cette machine, qui ne présente pas l'appareil de la coupe en long, a été l'objet d'un brevet pris, en juin 1831, par M. E.-N. Fourdrinier. Depuis lors, elle a été perfectionnée d'une manière satisfaisante dans plusieurs établissements d'Angleterre.

M. Debergue-Spréafico a pris en France un brevet, pour une machine à très peu près semblable, en janvier 1840 Bien entendu que cette coupeuse possède, ainsi que toutes celles actuellement employées, le système de couteaux à couper en long. La coupe longitudinale ne présente aucune difficulté sérieuse dans la construction des machines ni dans leur marche; elle s'opère généralement à l'aide de cisailles circulaires formées de disques d'acier distribués en nombre égal sur deux arbres parallèles; chaque disque est ajusté dans une armature ou manchon, ayant pour centre l'axe de l'arbre, pouvant glisser sur toute l'étendue de l'arbre, ou y être fixé par une vis de pression; l'accouplement des disques ayant lieu d'un arbre à l'autre, leurs limbes ou biseaux s'engagent l'un contre l'autre par leur plat, et présentent ainsi au papier un angle curviligne tranchant. Les deux arbres tournent en sens inverse, c'est-à-dire comme s'ils engrenaient l'un sur l'autre, et de façon à faire appel au papier; cet appel doit être tel, que la circonférence des disques possède une vitesse double ou triple de celle de la feuille. La machine à couper, uniquement en long, est très employée dans nos fabriques françaises, soit à couper les papiers pour tenture, soit seulement pour abréger la coupe à la main ou à la rognette; il n'en est pas de

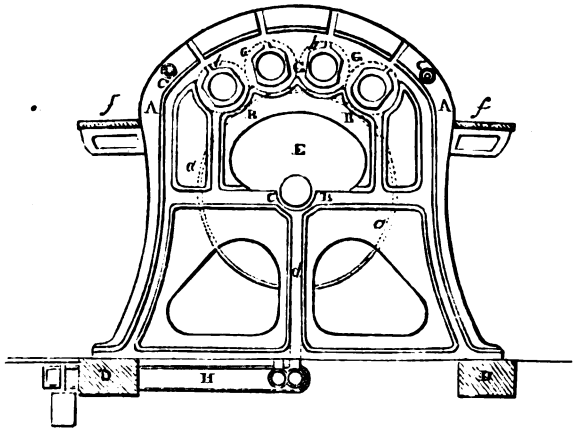
Digitized by Google

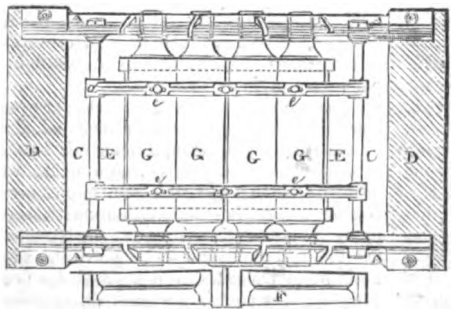
même des machines à couper en long et en travers ; leur succès est resté au moins douteux, tandis qu'elles sont d'un usage universel dans toute la Grande-Bretagne. A quoi tient cette différence de résultats ? On l'a voulu expliquer par l'épaisseur de la feuille, qui chez nous est moindre, proportion gardée, que chez les Anglais, par la grande vitesse avec laquelle nous fabriquons à la machine. Ces deux objections, que nous croyons assez fondées, quand il s'agit d'une coupeuse fonctionnant de concert avec la machine sans fin, disparaissent devant l'emploi d'une coupeuse indépendante. En effet, le service de celle-ci se fait à volonté à telle époque, et dans tel emplacement, à une vitesse très modérée, et sur un plus ou moins grand nombre de feuilles formant une épaisseur donnée. Nous sommes persuadés que, si l'on s'appliquait à purger parfaitement les pâtes du sable fin qu'elles charrient d'une part, et si l'on s'entendait à prévenir le jeu et le temps perdu dans les pièces de la coupeuse de l'autre, on aurait surmonté les plus grandes difficultés faisant obstacle à l'emploi général de cette ingénieuse machine.

MM. Varral, Middleton et Elwel ont fait subir à cette machine des modifications fort heureuses ; on en trouve la description détaillée dans la publication industrielle de M. Armengaud, 4e volume, page 405.

Lisse. Une machine à lisser puissante, fonctionnant dans plusieurs papeteries d'Angleterre, a été, en octobre 1841, l'objet d'une prise de brevet d'importation de la part de M. A. Brewer. La fig. 1975 est une élévation de cette lisse vue de profil ; la fig. 1976 en est le plan ; les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces. A, A, bâtis fondus en une seule pièce avec les supports B, B, etc. ; ils sont tenus d'écartement entre eux par les jumelles C, C, et par les sommiers D, D, sur lesquels ils portent. E, cylindre de 1 mètre environ de diamètre, portant sur chaque côté deux embases *a*, *a*, parfaitement de même diamètre ; ce cylindre est récepteur du mouvement transmis par la roue d'engrenage F, fixée à l'une des extrémités de l'arbre du cylindre. G, G, cylindres dont les axes sont disposés parallèlement à celui du cylindre E, et sur un arc de cercle qui a ce même axe pour centre. Les cylindres G, G, portent par leurs extrémités sur les embases *a*, *a*, et laissent, par conséquent, entre eux et le cylindre E, un jour égal à la saillie de ces deux cordons. *b*, coussinets à coulisse réglés par des coins ou des vis de pression non figurées ici ; *c*, coussinet également à coulisse portant sur la tige *d*, d'un levier H, chargé de poids. *e*, supports de guides passant dans l'entre-deux des cylindres G, G, faisant obstacle au passage du papier par cet intervalle. *f*, tablette qui reçoit le papier préparé pour l'apprêt.

1976.





1975.

Le service de cette lisse se fait comme celui de la lisse simple ; le paquet de feuilles de papier alternées de feuilles métalliques s'engage, d'un côté dans l'espace ménagé entre la table du grand cylindre E, et celle des cylindres G, G ; il sort du côté opposé après avoir subi quatre pressions ; mais l'inflexion qu'éprouve le paquet de feuilles ou jeu, suivant le cintre du grand cylindre, à mesure qu'il se présente sous chaque cylindre, détermine un déplacement entre les points pressés précédemment ; de sorte que, si la tranche du paquet est engagée à angle droit, elle éprouvera, dès la seconde pression, une légère inclinaison qui, se répétant et s'ajoutant sous chacune des autres pressions, donnera à la tranche un biseau très prononcé à sa sortie ; évidemment ce déplacement est exactement semblable pour toutes les parties du jeu mis en travail. Il produit le même résultat que l'échange des feuilles. La main d'œuvre de cette opération est non seulement supprimée par ce système de lisse ; mais encore elle diminue celle du lissage même.

M. Nach, fabricant de papiers, près de Londres, à qui est due cette machine a porté à cinq le nombre des rouleaux presseurs ; les jeux sont chargés de cinquante à soixante feuilles ; deux passes donnent un satinage d'un lustre parfait sans rien ôter au ton mat et éclatant du papier.

Production. En établissant ce qui suit, pour résumer les facultés productrices du système de fabrication à la machine continue, le résultat est basé sur une donnée annuelle, considérant une machine qui travaillerait en moyenne 20 heures par jour, et produirait des sortes moyennes et belles : les chiffons employés sont supposés pris dans les beaux bis et blancs. 350.000 kilogrammes de chiffons rendent 250.000 kilogrammes de papiers collés et non collés, soit environ 40.000 rames assorties ; le déchet, d'après cela, serait de 28 1/2 pour 100. Rappelons, à cet égard, que le papier sans colle peut porter ce chiffre à 30 pour 100, tandis que le papier collé le réduirait à 27 pour 100. Il n'est pas douteux que le déchet réel du chiffon ne puisse être déduit à 25 pour 100, et même au-dessous ; mais, en échange de cette épargne, il faudrait consentir à faire un sacrifice de

Digitized by Google

temps, que les fabricants estiment, d'un autre point de vue économique, comme plus précieux encore.

Actuellement la France emploie 72.000 000 kilogrammes de chiffons par an, et fabrique 50.000.000 kilogrammes de papiers, tant de machine que de cuve; ce qui équivaut approximativement, pour les chiffons, à une valeur de 18.000.000 francs, et pour les papiers à 45.000.000 francs. HANRIOT.

PAPIER DE SURETÉ. La question des papiers de sûreté a pris une importance considérable à une époque où les sciences chimiques et physiques permettent la contrefaçon de toutes les écritures, faites avec des encres délébiles ou indélébiles, au moyen du transport sur pierre (voyez LITHOGRAPHIE) ou de la *photo-lithographie*. Nous croyons donc qu'il est utile d'esquisser rapidement les principaux moyens qui ont été successivement proposés pour mettre les actes publics ou privés à l'abri du faux et de la contrefaçon, en rappelant que les papiers timbrés et les papiers de sûreté peuvent être, soit *altérés* partiellement, soit *contrefaits*, soit enfin *lavés* au moyen de réactifs qui enlèvent l'écriture qui est à leur surface, afin de les faire servir de nouveau.

Le premier procédé que nous rappellerons est celui de M. Maugard, en date de 1791, consistait dans l'emploi d'un talon de sûreté, imprimé d'une vignette à combinaisons et d'un timbre sec sur une surface marbrée. Ce talon de sûreté, disait l'inventeur, prévenait la création de billets faux; car il eût été impossible aux faussaires de faire raccorder les billets créés par eux avec les talons des billets véritables; il n'en est pas ainsi, puisqu'on pourrait actuellement contre-éprouver exactement ces billets, qui d'ailleurs n'offraient aucune garantie contre l'altération des sommes inscrites sur leur surface.

En 1818, M. G. Dorsay prit un brevet pour un papier de sûreté *sensitif*, qu'il fabriquait, soit en mêlant dans la pâte du papier, alors qu'elle était en cuve, une certaine quantité de prussiate jaune de potasse, soit en immergeant, feuille à feuille, le papier fabriqué, mais non collé, dans une dissolution de cette substance. Ce papier de sûreté, ainsi que tous ceux qui ont été fabriqués depuis sur le même principe, n'offre pas de garantie; car la chimie fournira toujours les moyens de faire disparaître les taches que les réactifs, employés pour détruire une phrase ou un corps d'écriture, auront fait paraître à la surface de ces papiers de sûreté.

Une première commission académique, dont M. d'Arcet était le rapporteur, examinant, sur la demande du garde-des-sceaux, la question des papiers de sûreté, présenta à l'Académie à ce sujet, en date du 6 juin 1831, un rapport par lequel elle rejetait tous les papiers de sûreté qui lui avaient été soumis, et proposait 1° l'emploi d'une encre indélébile, composée d'encre de Chine délayée dans un mélange d'eau et d'acide hydrochlorique marquant 1° 1/2 B.; 2° l'impression sur 0m,04 de largeur, au milieu de la feuille de papier, d'une vignette gravée au tour à guillocher sur un cylindre de cuivre, en ayant soin de faire usage, pour l'impression, d'encre ordinaire épaissie ou de boue d'encre; en limitant ainsi la surface de la vignette délébile a 0m,04 au lieu d'en recommander l'impression sur toute la surface de la feuille. La commission abandonnait ainsi la question du faux partiel pour ne s'attacher qu'au lavage du vieux papier timbré. D'un autre côté, on est parvenu récemment à transporter sur pierre lithographique toutes les écritures délébiles et indélébiles, grasses ou non, par voie de transport lithographique proprement dit ou par voie photo-graphique, de sorte que les conclusions de ce rapport n'ont plus actuellement aucune valeur, par suite des progrès qu'ont fait depuis les sciences appliquées à l'industrie.

En 1834, M. Mozard prit un brevet pour un nouveau papier de sûreté qu'il fabriquait, en imprimant une vignette encore délébile sur une feuille mince de papier encore humide et non terminée, et à recouvrir cette première feuille imprimée d'une seconde feuille de papier aussi fraîchement fabriquée; puis à cylindrer et à sécher ces deux feuilles juxtaposées. Ce papier présente un grave inconvénient, le décollage facile des deux feuilles; ce qui rend aisé toute espèce de faux partiels et généraux, ainsi que le blanchiment total. En outre, la disposition intérieure de la vignette délébile, fait qu'elle n'est pas assez accessible aux agents chimiques employés par un faussaire adroit, et, d'un autre côté, le manque de pureté de la vignette de ce papier, ainsi que l'inégalité de sa teinte générale, constituent des vices radicaux au point de vue du faux partiel.

Une seconde commission, dont M. Dumas était rapporteur, s'occupant de nouveau de la question des papiers de sûreté, sur la demande du ministre des finances, fit, le 23 février 1837, un rapport par lequel, rejetant tous les procédés qui lui avaient été soumis, elle proposait :

1° L'impression sur chaque face du papier d'un filigrane très fin et indélébile;

2° L'impression d'une vignette délébile composée de figures géométriques très petites, parfaitement identiques et manuellement inimitables.

Elle rappelait en même temps que le meilleur préservatif contre toutes les falsifications d'écriture consiste dans l'emploi de l'encre de Chine acidulée.

Les moyens proposés par la commission, quoique offrant une garantie bien plus grande que tout ce qui avait été fait jusqu'alors, sont actuellement suffisants dans l'état de la science.

Plus tard, en 1840, deux nouveaux inventeurs, MM. Zuber et Knecht, se présentèrent à un concours ouvert par une commission spéciale nommée par le ministre des finances.

Le papier présenté par M. Zuber était fait à la machine et imprimé, à la suite du premier cylindre sécheur, avec de l'encre délébile et des rouleaux en cuivre gravés à la molette, semblables à ceux dont se servent les fabricants d'indiennes.

Le papier de M. Knecht était fabriqué à la forme, imprimé à la presse lithographique de M. Perrot, et couvert d'une vignette gravée primitivement en creux sur une planche-matrice, par la machine de M. Neuber, puis contre-épreuvée sur pierre par les procédés connus en lithographie.

Sans nous arrêter à discuter les défauts de ces papiers de sûreté, ce qui nous exposerait à des redites, nous rappellerons seulement que la commission précitée, tout en déclarant que le problème n'était pas résolu, proposa à M. le ministre des finances de partager entre les concurrents déjà nommés et M. Deburge, qui présentait le papier Mozard, le prix de 60.000 francs voté par les chambres.

Il ne nous reste plus qu'à parler du procédé proposé par M. Tissier, qui a étudié récemment avec le plus grand soin toutes les questions relatives aux papiers de sûreté, et qui est arrivé, selon nous, à une solution qui rend sinon impossible, du moins presque impraticable, toutes les espèces de faux partiels ou généraux, le lavage et tous les genres de contrefaçons, soit à l'aide des moyens ordinaires de la gravure, chimiques, manuels ou mécaniques, soit à l'aide des procédés lithographiques et photographiques actuellement connus.

Les papiers de sûreté de M. Tissier sont couverts sur leurs deux faces d'une vignette imprimée typographiquement avec une encre délébile.

Les planches-matrices en taille-douce des vignettes sont perpétuées indéfiniment au moyen de transports et de sous-transports sur pierre, faits suivant les procédés ordinaires de la lithographie. Les planches d'im-

Digitized by Google

pression typographique sont le résultat d'épreuves prises sur les sous-matrices lithographiques, contre-épreuvées sur des pierres de Munich, puis gravées en relief par le procédé particulier à M. Tissier (voyez LITHOGRAPHIE), ou obtenues au moyen de la GALVANOPLASTIE.

Les vignettes des planches-matrices en taille-douce sont composées de deux dessins créés séparément par des moyens reposant sur des principes opposés ; le premier (destiné à prévenir la contrefaçon manuelle de la vignette dans les faux partiels, et la contre-épreuve sur pierre de cette même vignette par une surcharge faite à la plume et à l'encre lithographique) est composé d'éléments mathématiquement réguliers, identiques, bien visibles à l'œil nu, légèrement et symétriquement espacés, et gravés avec un diamant par une machine de précision ; le second (ayant pour but d'empêcher la contrefaçon mécanique et photographique de la planche-matrice, et, par suite, le lavage) est composé d'éléments irréguliers, dissemblables, bien visibles seulement à la loupe, très rapprochés, produits et distribués par le hasard, et entièrement à l'abri du calque et de l'imitation manuelle. Ces deux dessins sont juxtaposés, c'est-à-dire que les éléments irréguliers, microscopiques remplissent les espaces réservés entre les éléments réguliers, visibles à l'œil nu, sans se confondre avec eux.

Enfin, pour mettre les papiers de sûreté à l'abri de toute espèce de contrefaçons lithographiques, M. Tissier a eu l'heureuse idée d'imprimer deux fois toutes les feuilles de papier, simultanément sur chaque face, avec des planches identiques : une première fois avec une encre blanche, qui donne une empreinte invisible ; une deuxième fois avec une encre de couleur, qui donne une empreinte visible. Ces deux impressions, irrégulièrement superposées, sont faites avec deux encres résineuses délébiles, ayant à un égal degré la propriété de se transporter sur pierre, composées l'une et l'autre avec les mêmes substances, et ne différant entre elles que par une petite quantité d'encre usuelle sèche, ou mieux de gallate de fer, nécessaire pour colorer l'encre d'imprimerie de la vignette visible. Au moyen de cet ingénieux procédé, qui rend impossible le transport de la vignette visible sans celui de la vignette invisible, et qui constitue sans aucun doute un perfectionnement de la plus haute importance, les contre-épreuves sur pierre des papiers de sûreté sont doubles et confuses, et ne peuvent être utilisées par les faussaires.

En dernier lieu, et pour rendre tout à fait impossible la contrefaçon des billets de banque, qui ont tant à redouter de la part des faussaires, à cause des fortes valeurs qu'ils représentent, et surtout par suite de l'invention récente de la photo-lithographie, qui offre dans beaucoup de cas des moyens de contrefaçons très simples et tout à fait nouveaux, M. Tissier propose, pour les billets de banque :

1° D'imprimer, sur chaque face du papier, deux vignettes : une vignette de couleur pâle et une vignette noire superposée à la première ;

2° De ne jamais repérer les deux vignettes d'une des faces du billet avec les deux vignettes de l'autre face ;

3° D'imprimer deux fois, avec des planches identiques, la vignette de couleur couvrant les deux faces du billet ; une première fois avec de l'encre blanche, une seconde fois avec de l'encre teintée ;

4° De composer la vignette de couleur d'éléments réguliers, gravés avec un diamant par une machine de précision, et d'éléments irréguliers, dissemblables, microscopiques, produits et distribués par le hasard, comme dans les papiers de sûreté ordinaires ; seulement les éléments réguliers, au lieu d'être identiques et de se répéter à des distances déterminées, seraient tous dissemblables ;

Enfin, 5°, la vignette noire serait dans les conditions de la vignette actuelle de la banque de France, et destinée au même usage ; seulement elle devrait être produite en partie avec le burin d'un graveur, et en partie avec une machine de précision, celle de Collas, par exemple.

Nous terminerons cet article par quelques mots sur la question des timbres :

Les papiers qui sont livrés au commerce par l'administration du timbre royal sont revêtus, en outre du filigrane placé au centre de chaque feuille, de deux timbres : un timbre sec et un timbre noir indélébile, imprimé en encre grasse. Ces deux timbres n'apportent, comme chacun le sait, dans l'état actuel des papiers timbrés, aucun empêchement à la falsification des actes publics ou privés et au lavage des papiers timbrés écrits ; de plus, le timbre gras se transporte aisément sur pierre. D'après ce que nous avons dit des papiers de sûreté, il conviendrait de remplacer le timbre gras par un timbre noir délébile appliqué, ainsi que le timbre sec, sur la vignette même du papier de sûreté qui serait adopté, afin d'obliger ainsi les blanchisseurs de papier timbré, non seulement à la contrefaçon de la vignette de sûreté, mais encore à celle des timbres de l'Etat, fait qui, d'après nos lois pénales, est d'une gravité bien autrement importante que le simple lavage du papier timbré.

PAPIER PEINT POUR TENTURE. Ce papier, qui imite les plus riches étoffes, les ornements d'architecture, les décors, etc., leur est actuellement substitué presque partout.

C'est en France que cette industrie a pris naissance, au commencement du dix-septième siècle. Les premiers essais furent faits par un nommé *François*, de Rouen ; mais ce ne fut qu'à la fin du siècle dernier que *Réveillon* porta cette industrie à un haut degré de perfection. Depuis lui, les procédés n'ont pas sensiblement changé, ils consistent, comme dans les étoffes, à appliquer successivement chaque couleur au moyen de planches en bois gravées en relief.

Quelques tentatives ont été faites dans ces derniers temps pour introduire dans cette industrie l'emploi des machines. On a obtenu des résultats assez satisfaisants des machines à rouleaux gravés, soit en creux, soit en relief ; néanmoins cette application n'a pas pris jusqu'ici une grande extension.

On fabrique plusieurs sortes de papiers peints :

1° Les papiers *mats* ou *communs* ;

2° Les papiers satinés, auxquels on donne le *brillant* ou *satin* au moyen d'un mélange de *sulfate de chaux* ou d'*alumine* qu'on introduit dans la couleur, et en les soumettant à l'action de la brosse ;

3° Les papiers *veloutés*, que l'on obtient en fixant sur ce papier de la laine teinte et moulue, avec un mordant composé de céruse broyée et d'huile cuite ;

4° Enfin, les papiers *dorés* et *argentés*, pour lesquels on emploie les mêmes procédés que pour les papiers veloutés, c'est-à-dire qu'on imprime d'abord le dessin qu'on veut obtenir avec le *mordant gras*, puis on le recouvre avec des feuilles bien minces de métal. Ce papier rare se fait avec l'*or faux*, ou *or d'Allemagne* ; il n'en est pas de même pour le papier argenté, pour lequel on emploie toujours l'argent pur.

L'invention du *papier sans fin* a beaucoup contribué aux progrès de l'industrie des papiers peints ; non seulement avec ce *papier mécanique* l'impression se fait d'une manière plus facile et plus nette, mais encore elle a permis de faire des dessins de toutes les dimensions.

Pendant longtemps Paris a eu le monopole exclusif de cette fabrication, et c'est encore là qu'en existe le foyer principal, car on n'en compte dans les départements que 6 à 7 fabriques de quelque importance, réparties ainsi qu'il suit : 3 à Lyon, 1 à Mulhouse, 1 à Strasbourg, 1 à Metz, tandis qu'à Paris il en existe un

Digitized by Google

très grand nombre, employant plus de *trois mille* ouvriers. *imprimeurs*, *graveurs*, *tireurs*, etc.

Un grand nombre de fabriques se sont aussi élevées à l'étranger; il en existe plusieurs en Belgique, en Allemagne, en Hollande, en Angleterre et en Russie. Mais jusqu'ici nos produits sont de beaucoup supérieurs à tous les autres, sous le rapport du goût et de la pureté des dessins, de la vivacité du coloris et de la bonne fabrication; nous ne redouterions donc pas leur concurrence, si elles ne copiaient pas servilement la majeure partie de nos dessins.

PARAFFINE. Substance solide dont la densité = 0,870, fusible vers 44°, et dont les caractères physiques ont une certaine analogie avec ceux du blanc de baleine. On la retire des huiles pesantes, derniers produits de la distillation à sec du goudron obtenu en distillant du bois, des schistes bitumineux ou des débris d'animaux. La paraffine a exactement la composition élémentaire de l'hydrogène bi-carboné; elle serait susceptible de remplacer la cire et le blanc de baleine dans la fabrication des bougies, si l'on arrivait à l'obtenir en grand à un prix assez bas. On trouve dans la nature, en Moldavie, une substance, nommée ozokérite ou cire fossile, qui est de la paraffine à peu près pure, et qui est employée sur les lieux à la fabrication de la cire.

PARALLÉGRAMME ARTICULÉ. Voyez MACHINE A VAPEUR.

PARATONNERRE (*angl.* thunder-conductor, *all.* blitzableiter). Tout le monde connaît les effets terribles de la foudre; ils sont de même nature que ceux que nous pouvons produire dans nos laboratoires au moyen de la décharge d'une puissante batterie électrique. Cette découverte, due à Francklin, le conduisit à la découverte des paratonnerres. Ceux-ci se composent d'une tige métallique pointue qui s'élève dans l'air, et d'un conducteur qui descend de l'extrémité inférieure de la tige jusqu'au sol. Les conditions nécessaires pour qu'ils puissent produire leur effet sont: 1° que la pointe de la tige soit bien aiguë; 2° que le conducteur communique parfaitement avec le sol; 3° que depuis la pointe jusqu'à l'extrémité inférieure du conducteur il n'y ait aucune solution de continuité; 4° que toutes les parties de l'appareil aient des dimensions convenables.

La tige d'un paratonnerre a environ 9m,25 de longueur; elle se compose habituellement de trois pièces ajustées bout à bout, savoir: une barre de fer de 8m,60; une baguette de laiton de 0m,60 et une aiguille de platine de 0m,05; leur ensemble forme un cône qui s'amincit régulièrement jusqu'au sommet, et dont la base a 0m,05 de diamètre. L'aiguille de platine est soudée à la baguette de laiton avec de la soudure d'argent, et on enveloppe encore cette jonction avec un petit manchon de cuivre. La baguette de laiton se réunit à la barre de fer au moyen d'un goujon qui entre à vis dans toutes deux; ce goujon est ensuite fixé dans chacune d'elles par deux goupilles à angle droit. Pour ajuster la tige au-dessus du bâtiment, on perce le toit, et on la fixe avec des brides ou des étriers solides, soit contre un poinçon, soit contre le faîtage. Au bas de la tige, à 0m,08 du toit, on soude une embase destinée à rejeter l'eau. Un peu au-dessous de l'embase, sur 0m,05 de longueur, la tige est cylindrique et parfaitement rôdée pour recevoir un collier brisé à charnière, qui doit réunir la tige au conducteur. Ce dernier consiste tantôt en une barre de fer carrée de 0m,015 à 0m,020 de côté, tantôt en un câble en fil de fer qui descend jusqu'au sol. On soutient ce conducteur au moyen de pattes appliquées sur la couverture et le long du mur, de manière à soulager le point d'attache. Si l'on a à sa disposition un puits qui ne tarisse pas, ou si, avec une petite sonde, on peut atteindre une profondeur où l'eau soit permanente, il suffira d'y faire arriver le conducteur, en le divisant en plusieurs branches. Pour multiplier le contact, on mènera le conducteur au puits ou au trou par des tranchées creusées dans la terre, que l'on remplira ensuite avec de la braise de boulanger. On aura, de cette manière, le double avantage de préserver le fer de la rouille et de le mettre déjà en contact avec cette braise qui est un très bon conducteur. On emploie avec succès du fer zingué, dit fer galvanisé, pour prévenir l'oxydation. Lorsque l'on n'aura pas d'eau, il faudra chercher au moins un lieu humide et y mener le conducteur par une longue tranchée dans laquelle il sera bien enveloppé de braise. On pourra même alors, pour plus de sécurité, former des tranchées perpendiculaires à la première et plus ou moins longues, dans lesquelles on fera passer des ramifications du conduit.

Lorsqu'un nuage orageux passera au-dessus d'un paratonnerre ainsi établi, les électricités naturelles de la tige et du conducteur seront décomposées; celle de même signe sera repoussée dans le sol, où elle pourra se répandre librement, puisque le conducteur communique parfaitement avec le sol; celle de signe contraire sera attirée au sommet de la tige, et là elle s'écoulera dans l'air par l'extrémité de la pointe et ira neutraliser peu à peu celle qui est accumulée dans le nuage orageux. Les deux fluides opposés n'éprouvant nul obstacle à leur circulation dans toute l'étendue de la conduite et à leur écoulement, l'un dans le sol et l'autre dans l'air; l'accumulation de l'électricité sur le paratonnerre sera nulle, et, par conséquent, toute explosion impossible. L'expérience a démontré qu'une tige de paratonnerre de 9 à 10m de hauteur, établie suivant les règles ci-dessus et mise en communication avec tous les bons conducteurs qu'elle doit protéger, garantit des effets de la foudre tout ce qui est autour d'elle dans un cercle de 20m de rayon, c'est-à-dire à peu près double de sa hauteur.

PARCHEMIN (*angl.* parchmend, *all.* pergament). Voyez TANNAGE.

PAREMENT, PAROU. Voyez TISSAGE.

PARFUMERIE. La parfumerie est l'art de préparer les pommades, les eaux odoriférantes, les pastilles du sérail, etc. Nous allons indiquer sommairement les méthodes que l'on suit, en général, en les faisant suivre de la recette de quelques-uns des produits les plus répandus.

Pommades. La meilleure matière à prendre comme base des pommades est la moelle de bœuf, mais à cause de son prix élevé on la remplace généralement par un mélange de graisses de veau ou de bœuf et de porc. On pile la graisse brute dans un mortier, on la fond au bain-marie sans ajouter d'eau, et on la passe à travers une toile. Le moyen le plus simple et le plus usité pour la parfumerie, consiste à y verser, lorsqu'elle est encore fluide, et quelques instants avant sa solidification, une petite quantité d'essence odoriférante et de mélanger le tout. Lorsque l'on est sur les lieux où se trouvent les fleurs, comme à Grasse, en Provence, on fait fondre le mélange des graisses, on y jette une certaine quantité de fleurs, on brasse le tout ensemble et on laisse refroidir; après vingt-quatre heures, on porte le mélange sous une forte presse et on en exprime à chaud la graisse, que l'on traite comme ci-dessus, à plusieurs reprises, avec de nouvelles fleurs, jusqu'à ce qu'elle ait acquis un parfum assez prononcé. On prépare de cette manière, en Provence, une grande partie des pommades à la rose, aux fleurs d'oranger, etc. On prépare de la même manière, avec de l'huile d'olive la plus pure, la plupart des huiles parfumées.

Les pommades et huiles au jasmin, à la tubéreuse, à la jonquille, à la violette, etc., ne peuvent se préparer comme il vient d'être dit, parce que la chaleur altérerait le principe odoriférant ou huile essentielle que renferment ces fleurs. On suit alors un autre procédé: pour les

Digitized by Google

pommades, on a des châssis carrés en bois dont le fond est fermé par une plaque de verre, que l'on recouvre d'une couche mince de graisse purifiée ; on remplit ensuite les châssis avec des fleurs, on les superpose et on les laisse ainsi plusieurs jours jusqu'à ce que la matière grasse ait absorbé toute l'huile essentielle des fleurs ; on enlève alors celles-ci et on les remplace par des fleurs fraîches. La préparation des pommades, par ce procédé, dure de deux à trois mois. Pour les huiles on agit de la même manière, à cette différence près que le fond des châssis est formé non d'une plaque de verre, mais d'une toile imbibée d'huile d'olive de première qualité, qui, une fois imprégnée de l'essence des fleurs, est séparée par pression des toiles.

EAUX DE SENTEUR. A Grasse, on prépare ordinairement ces eaux ou *esprits* en faisant digérer un mélange, en proportions variables, d'huiles grasses parfumées, avec un volume égal d'esprit-de-vin, en ayant soin d'agiter fréquemment pendant plusieurs jours, puis laissant reposer et décantant l'esprit qui surnage, et qui s'est emparé des huiles essentielles qui étaient en dissolution dans les huiles grasses. A Paris, on prépare habituellement ces eaux en dissolvant dans de l'esprit-de-vin, les huiles essentielles obtenues par la distillation des fleurs avec de l'eau. Néanmoins, comme certaines essences s'altéreraient par ce traitement, on est obligé dans quelques cas de recourir au procédé de Grasse. Comme exemple du procédé parisien, nous indiquerons la préparation de l'*eau de mille fleurs*, qui se fait en mélangeant :

Esprit-de-vin.	9	litres
Eau de fleurs d'oranger. . . .	4	—
Baume du Pérou.	60	grammes
Essence de bergamotte. . . .	120	—
Essence de girofle.	60	—
Essence de néroli.	15	—
Essence de thym.	15	—
Essence de musc.	120	—

L'essence de musc se prépare en faisant digérer au soleil, pendant deux mois, 15 gram. de civette et 75 gram. de musc dans deux litres d'esprit-de-vin ambré.

Nous ajouterons encore quelques mots sur la plus connue de ces eaux, l'*eau de Cologne*. Jean-Marie Farina, l'inventeur de ce produit, le préparait comme il suit : on prend, esprit-de-vin rectifié, 300 kil. ; mélisse et menthe de Notre-Dame, de chaque, 350 gram. ; roses et violettes, de chaque, 120 gram. ; fleurs de lavande, 60 gram ; absinthe, 30 gram. ; sauge et thym, de chaque, 30 gram. ; acore, fleurs d'oranger, noix de muscade, mâcis, clous de girofle et cannelle, de chaque, 15 gram. ; camphre et racine d'angélique, de chaque, 8 gram. On fait digérer pendant vingt-quatre heures le tout dans l'esprit-de-vin, avec deux oranges et deux citrons coupés en tranches, on distille au bain-marie et on recueille les 200 premiers kilogrammes qui passent à la distillation. A ce produit on ajoute : essence de citron, de cédrat, de mélisse et de lavande, de chaque, 45 gram. ; essences de néroli et de romarin, de chaque, 15 gram. ; essence de jasmin, 30 gram. ; essence de bergamotte, 350 gram. ; on mélange bien, on filtre et on met l'eau dans des flacons. On prépare également l'eau de Cologne par simple mélange, sans distillation, mais les produits obtenus n'ont jamais une odeur aussi suave. Une recette plus simple que la précédente, et due à Cadet de Gassicourt, consiste à mélanger 2 litres 1/4 d'esprit-de-vin, ayant une densité de 0,8638, avec 8 gram. de graines de cardamome, et essences de néroli, de cédrat, d'orange, de citron, de bergamotte et de romarin, de chaque, 24 gouttes ; à distiller au bain-marie et à recueillir 1 litre 3/4.

On prépare de la même manière des vinaigres de senteur, par infusion ou distillation, en remplaçant l'esprit-de-vin par du vinaigre.

Pastilles du sérail. Se font avec un mélange de charbon finement pulvérisé, de nitre et de substances odorantes, en grande partie des gommes-résines, que l'on façonne en petits cônes ou trochisques, après y avoir ajouté un peu de mucilage de gomme arabique et adragante, que l'on laisse ensuite sécher. Lorsqu'on allume une de ces pastilles, elle brûle en fusant, en vertu du nitre et du charbon qu'elle renferme, et en répandant une odeur agréable.

A 24 grammes d'oliban en larmes ;
24 — de storax en larmes ;
16 — de nitre ;
et 124 — de charbon pulvérisé, on ajoute, pour des pastilles à la rose :
32 grammes de feuilles de rose sèches pulvérisées ;
2 — d'essence de rose.
Pour des pastilles à la fleur d'oranger :
24 grammes de galbanum ;
32 — d'écorce d'orange sèche pulvérisée ;
2 — d'essence de néroli.
Et pour des pastilles à la vanille :
24 grammes de galbanum ;
16 — de girofle ;
32 — de vanille ;
1 — d'essence de girofle ;
16 — d'essence de vanille.

On pulvérise très fin tous ces ingrédients, on les mêle avec un mucilage de 4 grammes de gomme arabique dans 2/3 de décilitre environ d'eau pure ou d'eau de rose, et on façonne la pâte en petits cônes, que l'on fait sécher.

On prépare d'une manière analogue des esprits odoriférants que l'on brûle, et dans lesquels on remplace presque toujours la vanille par du benjoin.

Nous indiquerons encore la composition d'une poudre très employée, soit pour les cassolettes, et alors on en jette une pincée dans une cassolette ou sur un poêle chaud, soit pour remplir des sachets odoriférants. On prend : cannelle, cassia et girofle, de chaque, 65 gram. ; iris de Florence et storax en larmes, de chaque, 97 gram. ; roses de Damas et fleurs de lavande, de chaque, 160 gram. ; essences de girofle, de cédrat, de lavande et de bergamotte, de chaque, 2 gram. ; essence de néroli, 1 gram. On hache tous les ingrédients solides et on les réduit en fragments de la grosseur d'un grain d'orge mondé, au plus, on en sépare la poussière au tamis de crin ; on les mélange ensemble et on arrose le tout avec les essences ci-dessus, que l'on a d'abord dissoutes dans le triple de leur poids d'esprit-de-vin.

Pâtes d'amandes. La pâte grise ou *bise*, en poudre, se prépare avec des noyaux d'abricots ou des amandes amères, que l'on broie et que l'on soumet ensuite à l'action d'une presse pour en extraire l'huile ; on fait sécher le résidu, on le broie et on le tamise. On agit de même pour les pâtes blanches, à cela près qu'on fait d'abord bouillir les amandes dans de l'eau afin d'en enlever la peau. On emploie pour ces pâtes tantôt des amandes douces, tantôt des amandes amères.

Les *crèmes* ou pâtes liquides d'amandes se préparent avec les pâtes sèches précédentes ; l'une des plus estimées se prépare en pétrissant ensemble : miel et pâte blanche d'amandes amères, de chaque, 250 gram. ; huile d'amandes amères, 500 gram. ; et quatre jaunes d'œufs.

PASTEL. On donne ce nom à une plante crucifère d'où l'on retire une petite quantité d'INDIGO (voyez ce mot). On désigne également sous le nom de pastel un genre de dessin qui se fait avec des crayons de pâte colorée, dont nous avons décrit la préparation à l'article CRAYONS.

PASTILLES. Nous dirons seulement ici quelques mots sur la fabrication des pastilles que préparent les confiseurs, et qui portent le nom de pastilles à la goutte. Prenons pour exemple les pastilles de menthe : on pren-

Digitized by Google

dra du sucre bien blanc, que l'on pulvérise fin et que l'on délaie avec de l'eau distillée de menthe poivrée, de manière à en former une pâte assez consistante, à laquelle on ajoute quelques gouttes d'essence de menthe. Cette opération se fait dans un petit poëlon à fond rond et à bec ; on chauffe ensuite la pâte sur un feu très doux, et, dès qu'elle a acquis assez de fluidité, on la coule goutte à goutte sur des feuilles de fer-blanc, en détachant avec une aiguille à tricoter chaque goutte, à mesure qu'elle se présente à l'extrémité du bec. Aussitôt qu'elles sont figées sur la feuille de fer-blanc, on les en détache par une légère secousse et on les met sur des tamis de crin pour les faire sécher à l'étuve. On prépare les pastilles à la goutte, dont une moitié est blanche et l'autre colorée, en se servant d'un poëlon partagé, dans le sens du bec, dans tout son diamètre et sa profondeur, par un diaphragme qui sépare les deux pâtes de manière à ce qu'elles ne s'accolent que pendant la coulée. On fait aussi des pastilles à la goutte qui sont transparentes ; on les nomme pastilles au bijou. Elles diffèrent des précédentes en ce que l'on chauffe assez pour liquéfier entièrement le sucre. On les coule de la même manière, mais comme elles se concrètent en tombant, elles prennent la forme sphérique.

PÂTES MOULÉES. On remplace actuellement, par économie, les ornements de sculpture qu'on faisait autrefois à grands frais, sur le champ des cadres, les panneaux des portes d'appartements, etc., par des pâtes moulées qu'on applique ensuite, en les fixant avec de la colle et même des pointes fines, à la place que l'on désire. Ces pâtes se font ordinairement en papier mâché, en râpures de bois ou en blanc d'Espagne.

Les pâtes moulées en papier mâché se font avec du papier réduit en pâte, ou de la pâte à papier ; cette pâte, privée de son excès d'eau par la pression, est étendue dans un moule en bois dur, ou mieux en plâtre broyé avec du lin, et comprimée d'abord à la main, puis avec un linge ; on laisse ensuite sécher lentement à l'air, et on couvre souvent avec une ou plusieurs couches de blanc d'Espagne délayé avec de la colle. Ces objets peuvent être dorés ou peints.

Les pâtes en sciure de bois se font en faisant fondre séparément 5 parties de colle de Flandre et 1 p. de colle de poisson, dans assez d'eau pour obtenir une colle très claire, que l'on passe à travers un linge, et on les mêle ; la liqueur doit former une gelée très faible par le refroidissement. On la chauffe de manière à ce que le doigt puisse à peine y rester plongé ; on y incorpore de la sciure de bois passée au tamis ; on étend une couche de quelques millimètres de cette pâte dans un moule de plâtre ou de soufre graissé d'huile de lin, et on coule par dessus une autre pâte faite avec les portions de sciure qui n'ont pu passer au tamis, que l'on comprime et que l'on charge ensuite d'une planche sur laquelle on met des poids. Cette pâte prend parfaitement la peinture et la dorure.

Les pâtes moulées en blanc d'Espagne se font en pétrissant un mélange de colle et de blanc d'Espagne, que l'on moule ensuite comme ci-dessus. On les emploie surtout pour ornements de cadres ; on les recouvre de plusieurs couches de blanc à la colle, on répare et on dore.

PAVAGE. PAVÉ. Le premier de ces mots désigne l'action de paver, ou l'ouvrage fait avec des pavés ; le second s'applique aux cailloux, aux morceaux de grès, et en général à tous les matériaux qui servent à paver.

Les Carthaginois, les premiers, pavèrent les rues de leur ville : *Primum autem pœni dicuntur lapidibus stravisse* (Isidori Hisp. épis. orig. lib. XV, cap. 16). Les rues de Rome ne furent pavées que 188 ans environ après l'expulsion des rois, sous le consulat d'Appius Claudius ; et la première route pavée construite par les Romains le fut sous le consulat d'Aurélius Cotta, c'est-à-dire 512 ans après la fondation de Rome. Paris ne commença à l'être que vers 1185, sous Philippe-Auguste. Suivant Dulaure (*Hist. de Paris*, 1er vol.), on ne pava sous ce roi que les rues formant ce que l'on appelait la *croisée de Paris*, c'est-à-dire deux rues se croisant au centre de cette capitale, et dont l'une allait du sud au nord, et l'autre de l'est à l'ouest. Ce pavé se composait de grosses dalles ou carreaux de grès d'environ 0m,09 de long sur 0m,16 d'épaisseur. En creusant la tranchée de l'égout de la rue Saint-Denis (10 février 1832), on a trouvé deux anciennes voies. L'une, qui, enfoncée à environ 0m,19 au-dessous du sol, était pavée avec de larges blocs de pierres et quelquefois de grès : c'est l'ancien pavé de Philippe-Auguste ; l'autre, plus enfoncée encore, est à environ 0m,09 de la première, était recouverte par un cailloutis. C'est l'ancienne voie romaine du temps des empereurs.

Les chaussées se divisent en deux grandes classes, suivant leur mode de construction, ce sont : 1° les *chaussées pavées* ; 2° les *chaussées en empierrement*. Les premières sont construites avec des matériaux de formes régulières et assez volumineuses pour avoir de la stabilité et être posés en biais ou bien à côté des autres. Les secondes, au contraire, sont construites avec des matériaux irréguliers et qui n'ont de cohésion entre eux que celle produite par leur enchevêtrement résultant d'une pression ou d'un choc. Nous ne nous occuperons ici que de ce qui a rapport à l'établissement des chaussées et des rues pavées, renvoyant à l'article ROUTE pour ce qui a rapport aux chaussées en empierrement.

Un bon pavage doit satisfaire aux conditions suivantes : 1° il doit être disposé de manière à s'opposer aux infiltrations des eaux qui pourraient venir affouiller le sol sur lequel on l'a placé ; 2° il doit être composé d'une matière dure susceptible de résister aux chocs et aux frottements auxquels il sera exposé par suite du passage des voitures ; 3° enfin, sa surface ne doit être ni trop unie ni trop raboteuse, et présenter seulement quelques aspérités destinées à servir de point d'appui aux pieds des chevaux.

Les matériaux que l'on emploie au pavage varient avec les localités où l'on se trouve. Toutes les pierres dures indistinctement peuvent être employées. Celles dont on fait le plus fréquemment usage sont : le *grès*, la *meulière*, le *granite*, le *basalte*, le *porphyre*, le *schiste*, la *pierre calcaire*, les *cailloux roulés*, etc., etc.

Les pavés, quelle que soit leur nature, se posent sur une couche de sable de 0m,15 à 0m,17 d'épaisseur. Ce sable par son incompressibilité et sa semi-fluidité a la propriété de répartir le poids que supporte un pavé sur une base plus grande que celle du pavé même.

Quand on construit une chaussée pavée on doit avoir grand soin de réunir les pavés de même dureté, sans cela les plus tendres s'usent rapidement et forment des trous dans lesquels tombent les roues des voitures ; ces chocs accélèrent la destruction des pavés tendres et par suite la dégradation des pavés voisins.

Dans les rues des villes, le pavage s'étend jusqu'aux maisons ; sur les routes, au contraire, les chaussées pavées n'en occupent que le milieu, et les accotements les bordent de chaque côté. Pour que les roues des voitures qui passent de la chaussée sur l'accotement, ou réciproquement, ne culbutent pas les pavés extrêmes ; on donne à ceux qui sont ainsi placés des dimensions plus fortes que celles des pavés ordinaires : ils portent le nom de *bordures* ou *boutisses*. Ces bordures servent en outre à découper les joints et à supprimer les *traversins* ou *demi-pavés*. A Paris, on leur donne une longueur égale à un pavé et demi et une épaisseur égale à celle des pavés. Elles ont donc 0m,35 de longueur sur 0m,23 d'épaisseur.

Des matériaux de diverses grosseurs ont été employés au pavage des chaussées. On n'est pas encore d'accord sur les dimensions les plus convenables à don-

Digitized by Google

ner aux pierres que l'on veut employer. On sait seulement que les bons pavages doivent être établis avec des pierres de moyenne grosseur. Les petites sont difficiles à mettre en œuvre et n'ont pas toutes la même résistance; celles de grandes dimensions présentent trop de surface pour leur épaisseur, elles peuvent donc se briser facilement. On a employé pendant longtemps et on emploie encore à Paris, presque exclusivement, les pavés cubiques de 0m,23 de côté, qui se posent les uns à côté des autres sur une couche de sable. L'expérience a cependant démontré qu'il est avantageux de mettre en œuvre des pavés à sections rectangulaires. C'est ainsi que sont pavées les rues Saint-Honoré, du faubourg Saint-Martin, etc., etc.

On fait des pavages 1° en *pavés bruts*, c'est-à-dire tels qu'ils sortent de la carrière; 2° en *pavés semillés*, c'est-à-dire en pavés, qui, avant d'être posés ont été taillés de manière à abattre seulement les aspérités; 3° en *pavés piqués*, c'est-à-dire en pavés qui ont été taillés et dressés à la pointe sèche avec arêtes vives,

Le pavage en pavés bruts permet de conserver aux pierres plus de matière. En outre, moins le grès est travaillé, et plus sa masse est compacte, parce qu'il n'y a pas eu désunion dans les molécules par le choc des outils employés à le tailler. Ce mode de pavage est donc avantageux sous le rapport de la solidité du pavé, mais les joints sont plus grands et la surface plus raboteuse; il est presque exclusivement employé pour raison d'économie; la main d'œuvre du semillage, et à plus forte raison celle du piquage, augmentant de plus de 300 fr. le prix de revient du mille de pavés. Cependant il convient de piquer les pavés tendres afin d'augmenter leur durée.

Le grès est sans aucun doute la pierre la plus convenable pour le pavage, à cause de sa dureté, de son homogénéité, et de la facilité avec laquelle on le débite aux dimensions convenables.

Le grès est un composé de débris de quarz réunis et agglutinés par un ciment siliceux ou calcaire. Rien n'est plus variable que sa qualité; il y a des grès très tendres, dont les grains sont à peine liés ensemble et se séparent sous le moindre choc; d'autres résistent davantage aux outils; d'autres sont durs, sonores, ont une surface lisse et se cassent assez difficilement, mais net: enfin il y a le grès *grisard*, qui est tellement dur, que les outils ne peuvent l'entamer. Les ouvriers qui préparent les pavés de grès, appellent grès *pif*, le grisard, c'est-à-dire celui qui est trop dur pour être employé; le grès *paf*, celui dont la densité et la dureté le rendent propre à servir au pavage. Enfin, grès *pouf*, celui qui se réduit en sable sous le choc des outils.

Les pavés de grès proviennent de rochers plus ou moins volumineux, placés tantôt à fleur de terre, tantôt au-dessus du sol et quelquefois au-dessous. On abat d'abord la roche, soit à la poudre, soit au moyen de coins en fer, puis on subdivise les blocs obtenus par les mêmes moyens, pour en faire des bandes d'épaisseur et de largeur convenables à l'échantillon du pavé qu'on veut obtenir. Ces bandes sont ensuite elles-mêmes subdivisées en pavés de dimensions voulues avec un couperet à deux pannes pesant environ 30 kilogr. Les pavés sont ensuite équarris avec un couperet de même forme mais plus petit, du poids de 3 à 4 kilogr. Les *fendeurs*, ouvriers employés dans les carrières, à la refente et à l'équarrissage du pavé, ne font qu'un seul échantillon, dit *gros pavé* ou *pavé de ville*, ayant 0m,23 de côté en tous sens; quelques-uns cependant n'ont souvent que 0m,16 à 0m,18 d'un côté, et 0m,23 sur l'autre; ils débitent environ quatre cents pavés par jour. On fait aussi sur les carrières de grands pavés dits *bordures*, de 0m,23 d'épaisseur sur 0m,25 de longueur. Enfin, on y fait aussi du pavé *bâtard*, qui est plus petit que celui de dimensions ordinaires et qui provient des restes de blocs dans lesquels les fendeurs n'ont pu trouver un pavé de ville: il a de 0m,16 à 0m,20 de long sur 0m,10 à 0m,14 d'épaisseur. Les pavés de grès que l'on emploie à Paris, proviennent de Bellay, Moffliers, de divers coteaux de la vallée d'Yvette, de la vallée de l'Ourcq, de celle de la Marne, de Ballancourt, des environs de Fontainebleau, etc. On distingue les pavés durs des pavés tendres 1° en ce que ces derniers sont moins lourds; 2° en ce qu'ils absorbent une quantité d'eau plus grande lorsqu'on les immerge dans l'eau; 3° en ce que lorsqu'on frappe dessus avec un marteau le son est d'autant plus sourd que le pavé est plus tendre ou présente plus de fissures.

On distingue les pavés en *roche dure*, c'est-à-dire celui qui sert entier, sans être refendu, au pavage des rues, des routes, etc., et en *roche franche*, c'est-à-dire celui qui, après avoir été refendu, sert au pavage des cours, des allées, des écuries, etc., etc. Pour obtenir le pavé en roche franche, on divise le pavé de gros échantillon en deux ou trois sur la hauteur. Le *pavé de trois* est celui qu'on emploie le plus fréquemment: il a de 0m,07 à 0m,08 de hauteur; celui *de deux* a 0m,10 à 0m,11. Les pavés de deux ou de trois se placent toujours sur une couche de mortier. Pour établir une chaussée pavée, on creuse l'encaissement qui doit recevoir et le pavé et la couche de sable sur laquelle il reposera, c'est ce que l'on appelle la *forme*; elle a 0m,40 de profondeur. Le fond de l'encaissement est ensuite dressé suivant les pentes et profils adoptés. Dans l'encaissement ainsi préparé, on répand du sable de manière à en former une couche de 0m,10. Cette couche est successivement damée et arrosée à grande eau jusqu'à ce que son épaisseur soit réduite à 0m,07. Sur cette première couche, on en étend une seconde de 0m,10, qui est travaillée de la même manière que la première, jusqu'à ce que son épaisseur soit aussi réduite à 0m,07. Enfin sur cette seconde couche, on en met une troisième de 0m,03 à 0m,06, suivant l'échantillon du pavé, qui ne sera ni damée ni arrosée. C'est sur cette troisième couche qu'on pose les pavés. On ne peut apporter trop de soins à la confection de la forme et à la consolidation du sol sur lequel elle est établie, car c'est d'elle que dépend la durée d'un pavage. Un pavé très dur durera moins sur une forme mal établie qu'un pavé plus tendre placé sur une forme bien solide.

Dans les rues très fréquentées, on remplace quelquefois la forme en sable par un sous-pavage en pavés de rebut. Par dessus ce sous-pavage, on pose une couche de sable de 0m,03 sur laquelle sont placés les pavés de la chaussée.

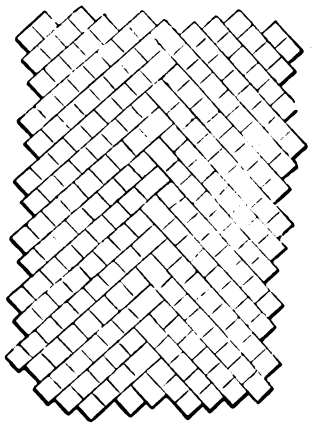
Le sable que l'on place entre le sol de la forme et la couche de pavés a pour but, comme nous l'avons déjà dit, de répartir plus uniformément la pression, en outre sa *semi-fluidité* lui permet de remplir les espaces vides qui se trouvent toujours entre les joints des pavés. On se sert indistinctement de sable de plaine ou de sable de rivière; il doit être pur, graveleux, d'un grain sec, exempt de terre et d'argile. On en emploie deux qualités; l'une sert à faire la *forme*, c'est le *gros sable*; l'autre sert à garnir les joints et à recouvrir l'ouvrage, c'est le *sable fin*. Le gros sable se passe à la claie de 0m,01 d'écartement, le sable fin est passé à la claie de 0m,005 d'écartement.

A Paris, on a essayé un moyen mixte consistant à recouvrir le sol par un *treillis* en bois semblable à celui qu'emploient les jardiniers pour clôture. Sur ce treillis, dont le but est de répartir plus uniformément la pression, on pose une couche de sable de 0m,07 à 0m,08 d'épaisseur. Le temps seul prononcera sur la bonté de ce système.

Les pavés sont posés sur la couche de sable par rangées perpendiculaires à la direction de la route et s'étendent d'une bordure à l'autre. On a soin de croiser

Digitized by Google

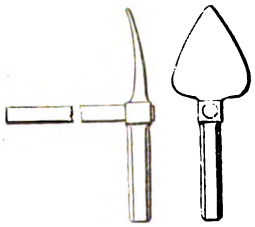
les joints, de manière à ce que ceux d'un rang correspondent toujours au milieu des pavés de deux rangs contigus. L'expérience a montré qu'il serait plus convenable de placer les pavés par rangées obliques par rapport à l'axe de la route; de cette manière, les joints sont toujours obliques par rapport à la direction des roues. C'est ainsi que sont pavées les rues des principales villes d'Autriche. Ce pavage représenté dans la fig. 1977 est beaucoup plus résistant que celui employé en France, l'action des roues ayant lieu suivant la diagonale des pavés, qui sont en outre solidaires les uns des autres par suite de la direction oblique des joints.



1977.

Pour un mètre carré de pavés cubiques de 0m,23 de côté, on emploie 0m.c.,23 de gros sable pour la forme, et 0m.c.,045 de sable fin, dont 0,02 pour les joints, 0,01 pour la couverture, et 0,005 pour les pertes.

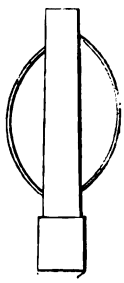
La pose des pavés se fait à l'aide d'un marteau (fig. 1978 et 1979) pesant 17 kilog., qui présente d'un bout la forme d'une *houe allongée* et de l'autre une *tête*. Au moyen de la houe, l'ouvrier prépare la place du pavé; la tête lui sert pour l'assurer quand il est posé.



1978. 1979.

Les joints sont garnis à la main. On prescrit ordinairement de ne donner que 0m,005 à 0m,010 aux joints; mais les faces des pavés étant toujours inégales, il est impossible de se maintenir dans ces limites à moins de tailler les faces des pavés. Pour éviter cette main-d'œuvre, on tolère des joints de 0m,015.

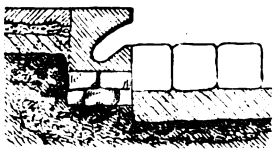
Pour donner de la stabilité à un pavage neuf avant le passage des voitures, on l'affermit et on le dresse en frappant successivement sur chaque pavé avec une *demoiselle* ou *hie* (fig. 1980), du poids de 35 à 40 kilog. C'est après cette opération qu'on couvre le pavage d'une couche de sable fin de 0m,02 à 0m,01 d'épaisseur.



1980.

A l'article ROUTE, on verra que les chaussées se divisent en *chaussées creuses* et en *chaussées à revers*. Dans les premières, le ruisseau qui sert à l'écoulement des eaux est au milieu de la chaussée; dans les secondes, au contraire, il y a deux ruisseaux qui sont placés sur les côtés de la chaussée. Dans l'un et l'autre cas, c'est toujours le ruisseau qui fatigue le plus, parce que les roues des voitures y retombent continuellement. Ces ruisseaux se construisent de diverses manières; quelquefois les pavés qui les forment sont placés alternativement de manière à avoir 1/3 de leur largeur d'un côté de l'axe du ruisseau, et les 2/3 de l'autre côté. Cette disposition a l'inconvénient de retenir les eaux ménagères qui, devenant stagnantes, se corrompent et rendent les ruisseaux infects. On avait voulu éviter cet inconvénient en plaçant une ligne continue de joints dans l'axe du ruisseau; cette disposition est encore plus mauvaise que la précédente, par la raison que les roues de voitures suivent toujours la même trace, et le ruisseau se trouve bientôt creusé de plusieurs centimètres en profondeur. On en voit un exemple dans la rue de la Harpe, etc., où les ruisseaux sont établis de cette manière. Une disposition préférable aux deux précédentes consiste à employer des pavés taillés ayant une longueur égale à un pavé et demi; de cette manière le ruisseau est plus large, sa forme courbe fait que les roues ne passent pas toujours à la même place, de plus il n'y a pas de joints dans l'axe du ruisseau. Enfin, dans ces derniers temps, on a remplacé les ruisseaux qui se trouvaient de chaque côté des rues par des rigoles pratiquées dans les bordures en granite qui forment les trottoirs. Cette disposition est indiquée fig. 1981.

Les joints des pavés qui forment les ruisseaux des chaussées doivent être garnis avec du mortier hydraulique, car le sable serait entraîné trop rapidement. Mais pour que cette condition soit réellement utile, il faudrait que la garniture de mortier fût bien complète; et comme cela n'a jamais lieu, il en résulte que très souvent la garniture se fait avec du sable. Souvent aussi il arrive qu'au-dessous des ruisseaux on établit un sous-pavage avec des pavés de rebut, dont les joints sont garnis avec du mortier hydraulique, par ce moyen on consolide le sol et on conserve le ruisseau dans un meilleur état. Ce sous-pavage est recouvert d'une couche de sable de 0m,03 sur laquelle on pose les pavés du ruisseau.



1981.

Les causes qui tendent à détériorer les chaussées pavées se réduisent aux suivantes : 1° les chocs et les frottements occasionnés par le passage des voitures; 2° l'eau et la boue qui les recouvrent souvent; 3° enfin les tassements du sol sur lequel le pavage est établi.

Les voitures en passant sur les pavés les usent peu à peu à leur surface et font qu'au bout de quelque temps ils sont trop petits et ne peuvent plus servir. Lorsque les pavés sont usés, leur surface est toujours convexe, parce que dans un pavé la résistance au bord est moindre qu'au centre, en outre les arêtes qui forment les joints parallèles à l'axe de la route sont continuellement soumises à l'action des roues de voitures qui suivent toujours cette direction. Une condition essentielle à remplir pour faire durer longtemps un pavage, est de choisir les pavés les plus durs, et surtout ne prendre, autant que faire se peut, que ceux d'une égale dureté.

L'eau qui se trouve à la surface des chaussées traverse souvent la couche de pavés et vient affouiller le sable ou le sol sur lequel elle est placée. La boue est un agent de destruction, elle renferme toujours de petites particules de grès qui usent rapidement le pavé lorsqu'elle se trouve interposée entre la jante de la roue et la surface du pavé. On remédie à ces inconvénients en n'y laissant séjourner ni l'eau ni la boue. Pour s'opposer aux infiltrations des eaux, on a essayé de remplir

Digitized by Google

les joints des pavés avec du bitume; ces essais n'ont pas réussi.

Enfin, si en établissant le pavage, on n'a pas eu soin de comprimer bien également le sol de la forme et la forme de sable, le passage des voitures enfonce les pavés qui se trouvent aux endroits les moins tassés, ce qui produit les *flaches* qui rendent l'opération du repiquage nécessaire.

Les travaux d'entretien des chaussées pavées consistent en *relevés à bout* et en entretiens simples ou *repiquages*.

On entend par relevés à bout un travail qui consiste à démonter une portion de la forme, à piocher cette forme pour lui rendre la semi-fluidité et à apporter du sable pour rétablir le profil de la route.

Pour que ce travail soit bien fait, il faut prendre les précautions suivantes : 1° mettre au rebut les pavés cassés, déformés et de dimensions trop faibles. A Paris, un pavé qui a moins de $0^m,16$ de queue est mis au rebut; 2° à employer un ou deux rangs de pavés neufs pour reconnaître là où a commencé le relevé à bout, puis les anciens pavés que l'on dispose, autant que possible, de manière à réunir ceux de même dimension et d'égale dureté, et à terminer le travail par tous les pavés neufs. Ce qui revient à dire que l'on fait des *baies* entières avec des pavés neufs, et d'autres baies avec les anciens pavés qui ont été *épincés*, c'est-à-dire dont on a abattu les *bosses*, parce que souvent on change la face de tête des pavés.

Pour faire un relevé à bout, on commence par enlever la terre et la boue qui se trouvent sur la partie de pavage que l'on veut relever à bout, de manière à ce qu'elles ne puissent retomber dans la forme. On enlève ensuite les pavés sur la longueur et la largeur prescrites. Les pavés étant arrachés, on nettoie avec soin la forme en enlevant les matières étrangères qui pourraient altérer la qualité du sable; celui qui reste est enlevé et mis de côté pour être employé ensuite. Cette opération terminée, on creuse l'encaissement de manière à en porter la profondeur à $0^m,40$. Dans cet encaissement, on répand le sable de la vieille forme et on en ajoute, s'il est nécessaire, pour former une couche de $0^m,10$. Cette couche est damée et arrosée de manière à ce que son épaisseur soit réduite à $0^m,07$. Par dessus cette première couche, on en met une seconde de $0^m,10$, qu'on traite de la même manière jusqu'à ce que son épaisseur soit de $0^m,07$. Enfin, par dessus ces deux couches, on en met une troisième qui n'est ni damée ni arrosée, et sur laquelle se poseront les pavés. La forme étant préparée, on pose les pavés, comme nous l'avons dit précédemment. Lorsque le relevé à bout est terminé, les joints sont soigneusement bourrés de sable à l'aide d'une *fiche dentelée*.

L'entretien simple consiste à remplacer les pavés cassés et à relever les *flaches*, c'est-à-dire les parties de pavés qui sont enfoncées ou usées, c'est ce que l'on appelle le *repiquage*. A Paris, le repiquage se fait par des entrepreneurs; on compte le nombre de pavés arrachés, puis, avec un tableau fait d'avance, on en conclut la surface. On emploie quelques pavés neufs et environ $0^{m.c.},08$ de sable par mètre carré.

L'exécution du repiquage demande encore plus de soins que les relevés à bout pour le piochage de la forme et le choix des pavés. Dans un repiquage, ce qu'il importe surtout, c'est de ne pas affouiller le sol, c'est-à-dire qu'il faut se contenter d'enlever les parties dures de la forme, ainsi que les aspérités du sol, de bien décrotter les pavés qui forment le périmètre de la baie, en ayant soin de ne rien laisser tomber de cette crotte dans la forme. Ceci fait, il faut surtout que les pavés vieux ou neufs que l'on emploie aient la *même hauteur*, l'échantillonnage est d'une moindre importance.

A Paris, les rues fréquentées sont relevées à peu près de six en six ans. Quelques-unes, construites en mauvais pavés, le sont de trois en trois ans. D'autres, peu passagères, ne le sont que tous les vingt ans. Les routes des environs de Paris sont relevées à bout à des intervalles qui varient de huit à quinze ans.

Souvent il arrive que des pavés se trouvent plus bas que ceux qui les entourent. Pour les relever, on commence par gratter les joints sur 3 ou 4 centim. de profondeur; par ces joints, on introduit du sable en quantité suffisante pour que ces pavés, battus à la hie, se trouvent au niveau convenable. On remplit ensuite les joints avec du sable refoulé. On emploie, pour ce travail, $0^{m.c.},05$ de sable par mètre carré.

Les carrières de Fontainebleau produisent beaucoup de grès tendre et *friable*, qui ne peut servir au pavage des rues fréquentées. Jusque dans ces derniers temps on l'avait employé pour le pavage des cours, des écuries, etc., etc., des lieux enfin qui ne doivent pas être parcourus par des voitures pesantes.

Ce grès friable lorsqu'on vient à l'immerger dans du bitume, acquiert une dureté et une cohésion considérables qui permettent de l'employer au lieu et place des pavés durs (Payen, cours au Conservatoire, 1843). C'est ce que l'on appelle les *pavés bitumés*.

Aujourd'hui on consomme des quantités énormes de ces pavés, la ville de Paris en commande 1.000.000 par an. Nous croyons que l'on a mis trop d'empressement à approuver cette invention et à appliquer de suite sur de grandes surfaces ces pavés bitumés. Parmi les grès tendres il y en a de diverses qualités, ainsi les uns sont encore assez durs pour pouvoir résister plus longtemps, d'autres au contraire se réduisent en poussière au moindre choc. Or, les uns et les autres immergés dans le bitume acquièrent une dureté à peu près égale, mais il est facile de voir que cette dureté ne sera qu'apparente et que les pavés ainsi obtenus ne pourront durer longtemps. En outre, si une chaussée faite en pavés bitumés est exposée au soleil, le bitume se ramollira, et s'il survient une pluie, il sera chassé et remplacé par de l'eau; le pavé reviendra donc à l'état où il se trouvait avant d'être plongé dans le bitume, non pas dans toute son épaisseur, il est vrai, mais seulement dans la partie qui est à la surface et qui est la plus exposée aux chocs et aux frottements. C'est ce que l'expérience a confirmé plusieurs fois; cependant avec du bitume d'excellente qualité et du grès de moyenne dureté on pourrait obtenir des résultats plus satisfaisants.

Dans les localités où le grès manque, on emploie le calcaire, dont on forme des dés analogues à ceux des grès. Les chaussées pavées en calcaire s'établissent de la même manière que celles pavées en grès.

M. Brard, dans *sa Minéralogie pratique*, dit qu'on pourrait employer au pavage les roches volcaniques qui se trouvent en abondance dans l'Auvergne. Il cite la ville de Montils dont les rues sont pavées avec des prismes à six pans de roche basaltique. Les Romains employèrent les roches volcaniques dans le pavage de leurs routes, et aujourd'hui elles sont encore employées à Naples et à Florence.

A Châteauroux, les rues sont pavées avec de la meulière. On l'emploie également à Paris pour le pavage des ports, afin d'exposer une surface plus résistante aux pieds des chevaux et faciliter le débardage des bois.

Dans bon nombre de villes de province les rues sont pavées avec des *cailloux roulés*, tantôt ils se placent verticalement, le gros bout en bas, tantôt au contraire ils se placent le petit bout en bas; dans ce second cas, ils sont généralement inclinés. La quantité de sable qu'on emploie pour 1 mètre de pavage en cailloux roulés, est plus considérable que pour un pavage en dés cubiques.

Dans les localités où la pierre manque on emploie des briques pour le pavage des rues, pourvu toutefois

Digitized by Google

qu'elles présentent une résistance suffisante au frottement et à l'humidité. En Hollande, par exemple, toutes les rues sont pavées avec des briques. Quelquefois elles se posent en *épis*, ou ce qu'on nomme *point de Hongrie*. C'est ainsi que sont pavées les rues de Venise, et qu'était pavé l'ancien *Tibur* à Rome.

M. l'olonceau père a proposé des pavés en terre cuite, qu'il nomme pavés céramiques, auxquels il donne la forme de prismes à six pans (*Bulletin de la Société d'encouragement*). Un ingénieur anglais, M. Prosser, a aussi proposé l'emploi de pavés en terre cuite. Mais aucun de ces systèmes n'a été essayé.

Les Anglais ont essayé d'employer la fonte pour le pavage des rues. Ils faisaient des pièces carrées en fonte, s'assemblant entre elles à queue d'hironde et dont la surface était rendue assez raboteuse pour que les chevaux ne glissent pas. Il paraît que les premiers essais n'ont pas réussi puisqu'ils ne les ont pas continués.

Ce sont aussi les Anglais qui, les premiers, ont essayé d'employer le *caoutchouc* (gomme élastique) au pavage des écuries, des allées, des jardins, etc., etc. Ils ont reconnu que ce pavage était excellent pour les écuries, il assure la santé des chevaux, empêche les exhalaisons d'ammoniaque qui s'élèvent de l'urine corrompue, et évite que les animaux se blessent ou se couronnent en s'agenouillant sur la pierre. Les écuries des commissaires du *Dock-yard* à Woolwich sont pavées en caoutchouc. Elles sont dans un état de propreté auquel on ne peut comparer celui d'aucune autre écurie. Les commissaires des bois et forêts ont même fait paver de cette manière la cour d'entrée du château de Windsor destinée aux voitures (*Mining journal*).

Enfin, dans ces derniers temps, on a voulu remplacer par le *bois* tous les matériaux que nous venons de passer en revue. Le pavage au moyen de blocs de bois est connu depuis fort longtemps, mais c'est seulement depuis une dixaine d'années qu'il est employé au pavage des rues. Autrefois on l'employait à l'intérieur des maisons, surtout dans les cours, les écuries, les allées, etc. Les Russes, les premiers, l'employèrent dès 1834 au pavage de quelques rues de St-Pétersbourg. Ce pavage se composait de blocs en bois à six pans ayant $0^m,30$ de long sur $0^m,15$ à $0^m,20$ de large. Après les Russes, vinrent les Anglais, qui, pour éviter le bruit causé par le passage des voitures sur les pavés, cherchèrent à substituer aux chaussées ordinaires, des chaussées produisant moins de bruit. Ils employèrent d'abord, les chaussées établies d'après le système de Mac-Adam, qui, comme on le sait, sont des chaussées en empierrement construites avec beaucoup de soin. Ces chaussées n'ayant pas réussi *pour les rues des villes*, ils en revinrent au *pavages en bois*.

Il nous est impossible de passer en revue tous les systèmes qui ont été proposés jusqu'à ce jour. Nous renverrons pour de plus amples détails au *Bulletin de la Société d'encouragement*, année 1844, n^os^ de janvier et février, où se trouve une notice très détaillée sur le pavage en bois.

Nous nous contenterons ici de dire quelques mots sur les modes de pavage qui ont le mieux réussi et qui ont été essayés avec quelques succès en France.

Le sol sur lequel est établi le pavage en bois, doit être tassé bien également dans toutes ses parties, car s'il en était autrement il se formerait des enfoncements qui, rendant la circulation plus difficile, occasionneraient la prompte détérioration du bois.

Suivant M. Hawkins, ingénieur anglais, qui s'est beaucoup occupé de cette question, il faut prendre les précautions suivantes pour obtenir de bons résultats :

1° Le bois doit être pris dans le cœur de l'arbre. Le mélèze et d'autres arbres résineux, fournissent à bon marché de bons matériaux. Les blocs doivent être faits avec du bois sec, et employés aussitôt préparés afin qu'ils ne changent pas de forme ;

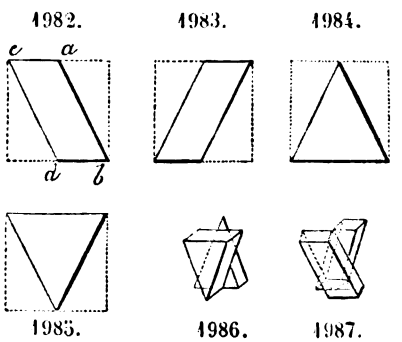
2° Les blocs sont coupés sur un modèle uniforme de manière à s'ajuster exactement les uns aux autres : leur hauteur doit être égale à une fois et demie leur largeur. L'expérience a montrée que la forme qu'il convenait de donner à ces blocs, était celle d'un prisme à six pans, de cette manière chaque bloc est soutenu par les six qui l'entourent ;

3° Les blocs doivent être placés sur un lit solide de cailloux, graviers et autres matériaux durables bien damés et aplatis ;

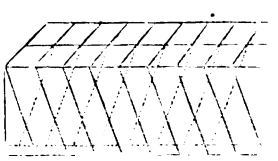
4° Au moment de placer les blocs il faut étendre sur l'axe de la route ainsi préparée une couche de gravier fin pour faciliter l'ajustement des blocs ;

5° Les blocs doivent être disposés de manière à présenter une surface supérieure plane, avant d'être damés, afin que la formation finale du niveau ne dépende pas tant de l'effort de la dame que de l'horizontalité du pavé lui-même.

Le comte de l'Isle a pris le 23 juin 1839, sous le nom de Hogdson, une patente pour un pavage en bois présentant un plan parfaitement horizontal. Les blocs cubiques sont taillés sous une inclinaison de 63°. Pour obtenir cette inclinaison, on divise la surface du bloc en deux parties égales, on y pratique une rainure *a* (fig. 1982), puis on tire une ligne oblique jusqu'en *b* à la base du cube. On divise la base de la même manière que le sommet, puis on tire la ligne de *c* en *d*. On procède de même pour la partie postérieure du cube (fig. 1983) en tirant deux lignes parallèles, mais dans le sens opposé. Quelquefois on donne aux morceaux de bois la forme triangulaire indiquée (fig. 1984 et 1985). Ces blocs sont taillés sous le même angle. Les fig. 1986 et 1987 représentent la manière dont sont disposés les



blocs. La fig. 1988 représente une portion de route pavée d'après ce système. Ce pavage repose sur une couche de sable et de chaux, il est ensuite recouvert d'une couche de ce mélange qui sert à boucher les intervalles qui existent entre les blocs. Ce système est très employé à Londres, où des expériences nombreuses ont démontré qu'il résistait très bien. Dans un quartier de Londres, où ce système de pavage est employé, on a constaté par jour une circulation de 7.000 voitures, pesant de 200 à 500 kilogr., et plus de 1.200 chevaux, sans que le pavage ait bougé.



1988.

Ce système a été essayé à Paris, rue Croix-des-Petits-Champs, rue Richelieu vis-à-vis le Théâtre Fran-

Digitized by Google

çais, le quai de l'Horloge, aux embarcadères des chemins de fer de Rouen et Orléans, etc., etc. A l'exposition de 1844, MM. Devicque et compagnie ont obtenu une médaille de bronze pour ce mode de pavage qu'ils établissent aux prix suivants :

Pavés de 0m,10 en sapin du Nord, posés sur sable ; le mètre cube. . . . . 15 francs
— 0m,08 — — 13 —
— 0m,06 — — 11 —

Le pavage *mixte* proposé par M. Eug. Philippe se compose de grès, taillés ou non, avec des interstices en bois. Il a été essayé Faubourg Montmartre, vis-à-vis la rue Grange-Batelière.

De tous les systèmes essayés celui qui a donné les meilleurs résultats est le suivant : ce sont des blocs de sapin *a* (fig. 1989), reposant sur une couche épaisse composée de chaux, de ciment et sable. Ces blocs, de forme rhomboïdale, sont réunis par des chevilles de bois passant dans des trous c. Ils ont 0m,18 de haut. Des rainures croisées sont pratiquées à la surface pour empêcher les chevaux de glisser : avant de les poser sur la couche on les réunit par panneaux au moyen de chevilles. Ce pavage revient environ à 16 francs le mètre carré. La fig. 1990 représente une portion de route pavée d'après ce système.

Le pavage en bois comparé aux autres systèmes de pavage, leur paraît préférable sous plusieurs rapports. Il ne produit aucun bruit par le passage des voitures, la boue et la poussière n'y séjournent pas, il diminue considérablement le tirage, puisque suivant des ingénieurs anglais, un cheval traîne sur un pavage en bois une charge équivalente à celle que quatre chevaux traîneraient sur un pavage en grès. Malgré ces avantages, ce mode de pavage n'a pas encore prévalu : à Paris, par exemple, il est essayé dans beaucoup d'endroits mais aucune rue n'est pavée entièrement en bois. Cela tient sans doute à ce qu'il est bien difficile de trouver des bois satisfaisant aux deux conditions suivantes si importantes pour obtenir un bon pavage, *dureté* et *homogénéité* ; de plus, les changements brusques de température détériorent promptement les bois les meilleurs. En employant des bois imprégnés de *substances conservatrices*, on pourrait obtenir de meilleurs résultats. (Voy. l'art. CONSERVATION DES BOIS).

Pour terminer ce qui a rapport au pavage, nous donnons ci-dessous un tableau *synoptique* renfermant les éléments de prix des différentes natures de pavage que l'on peut avoir à faire exécuter. Dans ce tableau ne figurent pas les frais provenant du mouvement des pavés.

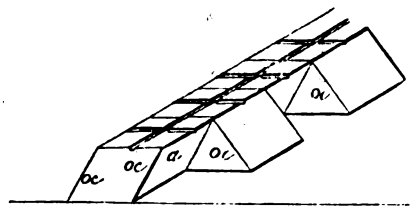
NATURE DU PAVAGE.	FOURNITURE.								MAIN-D'ŒUVRE.				PRIX TOTAL du mètre carré.
	Nombre de pavés.	Prix du 1000	Mortier hydraul.	Prix du mètre.	Gros sable.	Prix du mètre.	Sable fin.	Prix du 1000.	Fouille, préparat. de forme, etc.	Transport des déblais.	Approche d. sabl., pose d. pav., etc.	Entretien.	
		fr.	mètr.	fr. c.	mèt.	fr. c.	mètr.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
1 mètre carré de pavage neuf en pavés neufs de 0m25 de côté, sur forme de sable, avec joints garnis en sable.	16,65	325	»	»	0,25	1 33	0,045	4 88	0 42	0 55	0 45	0 05	11 48
Même pavage, sur forme de sable, avec joints garnis en mortier hydraulique.	16,65	325	0,25	22 42	0,25	1 33	0,01	4 88	0 42	0 55	0 59	0 02	16 56
1 mèt. car de pavage neuf en pavés de *rebut*, forme de sable, joints garnis en sable.	25,00	mém	»	»	0,13	1 33	0,045	4 88	0 51	0 27	0 47	0 06	4 89
1 mètre carr. de pavage en pavés refendus.	»	»	0,04	22 42	0,10	1 33	0,01	4 88	0 19	0 21	0 39	0 10	2 27
1 mètre carr. de blocage en pavés de rebut, avec joints garnis en mortier hydraulique pour fondat. de ruisseaux ou chaussées.	25,00	mém	0,05	22 42	»	»	»	»	»	»	9 54	»	1 01
1 mèt. car. de pavage en pavés neufs de 0m,25, sur fondat. en blocage, avec couche interm. de 0m05 de sable et joints garn. en sable.	16,65	325	0,05	22 42	»	»	0,075	4 88	0 42	0 55	0 77	0 03	11 55
1 mèt. car. de relevé à bout, en pavés neufs de 0m,025, forme de sable, joints garn. en sable.	»	»	»	»	mém	»	0,045	4 88	0 29	0 44	0 56	0 05	4 04
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,025	22 42	mém	»	0,01	4 88	0 29	0 44	»	»	»
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés vieux, sur forme de sable, joints garnis en sable.	»	»	»	»	0,25	1 33	0,045	4 88	0 46	0 07	0 56	0 06	4 86
Même travail, forme de sable, joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,05	22 42	0,25	1 33	0,01	4 88	0 46	0 07	0 52	0 10	2 57
1 mèt. car. de relevé à bout en pavés refendus, forme de sable et bain de mortier hydr.	»	»	0,04	22 42	mém	»	0,01	4 88	0 46	0 07	0 52	0 10	4 60
1 mèt. car. de relevé à bout de chaussée sur blocage.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
1 mèt. car. de repiquage, avec joints garnis en sable.	»	»	»	»	»	»	mém	»	0 11	0 08	0 41	»	0 60
Même travail, avec joints garnis en mortier hydraulique.	»	»	0,025	22 42	»	»	mém	»	0 11	0 08	0 37	»	1 12
1 mètre carré de soufflages.	»	»	»	»	»	»	mém	»	»	0 05	0 48	»	0 51
1 mèt. car. de raccordem. exécuté s. conduits d'eau ou de gaz, joints garnis en sable.	»	»	»	»	0,05	1 33	0,045	4 88	0 01	0 55	0 45	»	2 01
Dépavage { sans transport (grands travaux).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 09
Dépavage { avec transp. à 50m (*idem*).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	0 18

Le carrelage n'est autre chose qu'un pavage fait avec des pavés plats ou *carreaux* de terre cuite, de faïence, de liais, de marbre, etc., employés dans l'intérieur des habitations pour remplacer les pavés en bois.

Pour carreler un plancher, on couvre les vides d'une solive à l'autre avec de vieux liteaux de bois qui sont cloués sur ces solives. On a soin de les rapprocher le plus près possible les uns des autres. Sur ces liteaux on pose une couche de mortier de 0m,03 à 0m,04 d'épaisseur, et par dessus une couche de poussière, afin de bien niveler la surface. C'est sur cette couche que se placent les carreaux l'un à côté de l'autre, en commençant par un angle afin de les placer en losange. A Paris, les carreaux se posent sur du plâtre. La première

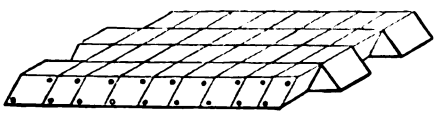
Digitized by Google

couche de plâtre se place, comme nous l'avons dit pour le mortier ; cette couche est ensuite recouverte de poussière, et c'est par dessus ces deux couches que se posent les carreaux. Le plâtre que l'on emploie est délayé



1989.

avec de l'eau dans laquelle on a jeté de la suie et de la poussière bien tamisée. Les carreleurs emploient ces deux substances pour ôter au plâtre sa trop grande force, l'empêcher de se sécher trop vite et de se gonfler ce qui dérangerait les carreaux. Le plâtre est meilleur



1990.

que le mortier pour le carrelage, car quand il a fait prise, le carrelage est excessivement solide ; avec le mortier, au contraire, les carreaux se dérangent sous le moindre choc.

Quelquefois on emploie des carreaux en faïence de diverses couleurs.

Le tableau suivant renferme le prix du mètre carré de diverses natures de carrelage (N. B. Les carreaux de liais coûtent 550 francs le mètre carré).

NATURE DU CARRELAGE.	Dimensions des carreaux.	Prix du mille.	Prix du mètre carr. fr.	c.
Carrelage en carreaux de Bourgogne à pens. . . .	0m16	50f	3	50
— de Montereau.	Id.	40	2	90
— de Massy.	Id.	35	2	50
— de Paris. {1re qualité.. .	Id.	34	2	40
— de Paris. {2e qualité.. .	Id.	32	2	30
— en carr. carrés d'âtre. .	0,19	68	3	05
— en carr. de liais et marbre. {liais. .	0,325	5f50c le 1mq	9	50
— en carr. de liais et marbre. {marb..	0,135	200		
— id. id. {liais. .	0,220	5,50 le 1mq	11	40
— id. id. {marb..	0,09	160		
— id. id. {liais. .	0,160	5,50 le 1mq	13	15
— id. id. {marb..	0,07	140		
Décarrelage de grands et petits carreaux.	»	»	0	08

Le dallage, de même que le carrelage, est un pavage dans lequel les pavés sont remplacés par de larges dalles en pierre qui se posent, tantôt sur une couche de sable, tantôt sur une couche de mortier. Dans la pose de ces dalles il faut avoir grand soin de ne pas laisser de vides dessous, car elles pourraient être facilement brisées. Les Romains employèrent les dalles pour la construction de leurs routes, aujourd'hui elles ne sont employées que pour l'établissement des trottoirs des allées. On doit donc choisir une pierre compacte, s'opposant aux infiltrations des eaux et résistant bien aux frottements. Le plus ordinairement elle sont en granit. Autrefois on employait beaucoup les dalles en pierre ou lave de Volvic, mais ce dallage est abandonné maintenant, car il ne résiste pas assez. Depuis quelques années le dallage en asphalte et en bitume (pour son établissement voyez le mot BITUME) se répand beaucoup, il est appelé à remplacer le dallage en granite et celui en lave de Volvic. Quelquefois on emploie des dalles en *fonte*, on a soin alors de pratiquer des rainures à leur surface afin de les rendre moins glissantes.

MM. Moisson et Polonceau ont essayé d'utiliser les laitiers des hauts fourneaux en en formant des dalles que l'on pourrait ensuite employer au dallage. A la dernière exposition on voyait de ces dalles en *lave artificielles* ; ces messieurs ont obtenu une mention honorable. Ce mode de dallage doit être essayé à Paris.

Nous donnons ci-dessous le prix du mètre carré de dallage exécuté avec les divers matériaux que nous venons de passer en revue.

NATURE DU DALLAGE.	Epaisseur des dalles.	Prix du mètre carr.
En laves de Volvic.	0m10	13f
Id. Id.	0,07	10
En granit, compris pose et arases en mortier.	0,05	24
Id. Id. (gr. dimension). .	0,05	24
En asphalte (prix moyen) en gr. partie.	»	6f75 à 8f
En bitume Id. Id. . . .	»	4,75 à 6
En dalles hydrofuges p. assainissem.	»	5f

PAVOT. Voyez OPIUM.

PEAUX. Voyez TANNAGE.

PECTINE. ACIDE PECTIQUE. La pectine et l'acide pectique, découverts par Braconnot, forment les principes gélatineux des fruits. En versant de l'alcool dans des sucs de fruits, on en précipite une matière mucilagineuse, soluble dans l'eau : c'est la *pectine*. Si on la fait bouillir avec de l'eau renfermant un peu de carbonate de potasse, il se forme un pectate qui se décompose lorsqu'on y verse un acide minéral, et laisse précipiter une matière gélatineuse qui n'est plus soluble dans l'eau ; c'est l'acide pectique. Ordinairement, pour obtenir facilement cet acide, on prend de la pulpe de betterave complétement lavée à l'eau, on la délaie dans six à huit fois son poids d'eau, avec 1/50e de son poids de potasse caustique, et on fait bouillir pendant une demi-heure ; on filtre la liqueur bouillante et on peut précipiter l'acide pectique par l'acide hydrochlorique ; mais, comme il est alors difficile à laver, on préfère décomposer le pectate de potasse par du chlorure de calcium en dissolution très étendue, laver le pectate de chaux insoluble qui se produit, et le faire bouillir ensuite avec de l'eau aiguisée d'un peu d'acide hydrochlorique, qui s'empare de la chaux et qui met en liberté l'acide pectique, que l'on lave enfin avec un peu d'eau froide. On fait dans quelques hôpitaux avec le pectate de potasse ou de soude, des gelées que l'on aromatise avec un extrait de viande, qui ne nourrissent presque pas, et qui sont très convenables pour satisfaire les malades dont on veut tromper l'appétit désordonné.

PEIGNAGE, PEIGNES. Voyez LIN.

PEIGNE. Outil qui sert à fileter les vis et les écrous. Voyez TOUR.

PEIGNES (*angl.* combes, *all.* kæmme). Ustensile de toilette que l'on fait en bois, en corne, en écaille, en

Digitized by Google

ivoire, en cuivre ou en fer. La matière première étant débitée suivant la forme que l'on veut donner au peigne, on fait les dents, toutes ensemble, au moyen de scies circulaires parallèles montées sur le même axe et convenablement distancées. Pour des gros peignes, en corne ou écaille, à dents écartées, on se sert quelquefois d'un emporte-pièce qui taille à la fois, dans la pièce, les dents de deux peignes. On termine les dents à la lime.

PEINTURE EN BATIMENTS. La peinture en bâtiments est l'art de couvrir de diverses couleurs la surface du bois, du fer, de la maçonnerie, etc., dans le but de les conserver et d'obtenir des décorations agréables à la vue. Suivant la nature du liquide qui sert à délayer les couleurs, on distingue deux genres de peinture, qui sont la *peinture en détrempe* et la *peinture à l'huile*.

PEINTURE EN DÉTREMPE. C'est la peinture dans laquelle on délaie les couleurs avec de la colle très claire. Ce genre de peinture ne peut évidemment servir pour les objets exposés aux intempéries atmosphériques, aussi n'est-il employé que pour la décoration intérieure, et qui doit n'avoir que peu de durée. La colle qui sert à délayer les couleurs est la *colle de peau*, dite *colle au baquet*, qui est fournie par les fabricants à l'état de gelée tremblante. Elle se fond facilement lorsqu'on la met sur le feu. La couleur en poudre que l'on a mis tremper dans de l'eau est alors mélangée avec la colle.

Les *teintes* ne s'appliquent que sur les *encollages*. Ceux-ci s'obtiennent en délayant 4 parties de blanc d'Espagne bien écrasé dans 6 parties de colle pure; il faut les appliquer chauds. Une chaleur de 35 à 40° suffit pour bien faire pénétrer la couleur; une chaleur plus forte ferait éclater les bois. Les couches doivent être appliquées successivement de moins en moins chaudes, afin de ne pas détremper les couches précédemment appliquées. Il faut avoir soin, avant de peindre, d'enlever toutes les parties grasses en les grattant ou les lessivant à l'eau de potasse, et de couvrir les ferrures d'un vernis qui les empêche de se rouiller et de tacher la peinture à la colle.

PEINTURE A L'HUILE. Cette peinture, ne se laissant pas pénétrer par l'humidité, conserve parfaitement les corps sur lesquels elle est appliquée.

Les premières couches de peinture, tant sur le bois que sur le fer, doivent toujours être faites avec de la *céruse*, autrement dite *blanc de plomb*, de la meilleure qualité; on la broie très fine dans de l'huile de noix ou de lin, soit sur une pierre avec une molette, soit au moyen d'un moulin; le premier procédé est trop long pour de fortes quantités. Quand on veut s'en servir pour peindre des volets, des portes ou des lambris, et des boiseries en sapin ou en autre bois blanc, il est indispensable de détruire l'effet des nœuds, qui en général sont tellement saturés de térébenthine qu'ils donnent le plus grand embarras dans ce procédé. Le meilleur moyen d'obvier à cet inconvénient, consiste à passer la brosse sur ces nœuds avec une composition de céruse délayée dans l'eau et fortifiée par une dissolution de colle-forte; quand cette couche est sèche, on peint les nœuds avec du blanc de plomb à l'huile, auquel on ajoute quelque puissant siccatif, tel que du minium ou de la litharge, un quart environ de ce dernier. On applique cette peinture uniformément, et en ayant soin de suivre la direction du grain.

Quand la dernière couche est sèche, on l'égalise avec de la pierre ponce; on donne alors la première couche de peinture à l'huile; cette couche étant suffisamment sèche, on bouche soigneusement les trous des clous, et on masque les autres défauts de la surface avec une composition d'huile et de blanc d'Espagne, appelée *mastic*.

On donne ensuite une nouvelle couche avec de la peinture composée de céruse délayée dans l'huile, et à laquelle on a ajouté un peu d'essence de térébenthine pour en augmenter la fluidité; il faut mettre trois ou quatre couches successives si on veut obtenir un beau blanc ou une couleur de pierre; dans le dernier cas, on y ajoute un peu de noir de fumée ou de noir d'ivoire. Si l'on voulait obtenir une autre couleur, telle que grise, verte, etc., il serait nécessaire d'ajouter cette couleur après la troisième couche, surtout si la couleur doit être d'un blanc mat, gris ou fauve.

Les bois se conservent surtout parce qu'ils absorbent l'huile, et que celle-ci se sèche. Sur les métaux, qui ne peuvent absorber, il faut préparer les couleurs à l'essence; celle-ci s'évapore bientôt, tandis que l'huile ne sécherait que très difficilement.

Les conditions auxquelles on doit satisfaire dans l'exécution des peintures à l'huile, vernies quand elles sont sèches, sont parfaitement résumées dans le mémoire qu'a publié M. Tripier-Deveaux, *sur les dangers qui menacent les peintures vernies*, qui indique toutes les conditions auxquelles on doit satisfaire dans son exécution. Nous le donnons ici dans son entier.

« Les causes qui concourent à la destruction plus ou moins rapide, suivant leur exposition au soleil, des peintures vernies d'extérieurs, sont au nombre de trois : 1° l'humidité des plâtres ou du bois; 2° la préparation vicieuse des enduits ou des couches de teintes; 3° enfin, la mauvaise qualité des vernis. Nous croyons utile de faire connaître à quels signes on peut les distinguer les unes des autres dans les divers accidents, le *cloquage*, le *farinage*, le *gerçage* et le *rodage*, comme on les appelle en termes d'atelier, qui manifestent l'altération de ces peintures, d'expliquer comment et pourquoi ces accidents arrivent, et d'indiquer les moyens de s'en garantir. Pour remplir notre tâche plus facilement, nous formerons trois catégories de peintures : dans la première, nous classerons celles qui, bien préparées, ont été appliquées sur des plâtres ou des boiseries encore humides; dans la deuxième, celles qui, mal préparées, ont été appliquées sur des fonds bien secs; la troisième, enfin, celles qui, bien préparées et appliquées sur un un fond bien sec, ont été recouvertes d'un vernis de mauvaise qualité. De l'observation attentive de ce qui se passera dans chacune d'elles, ressortira, nous l'espérons, la solution du problème tel que nous venons de le poser, et, persuadés que nous sommes qu'il est facile de suppléer à ce que cet exposé peut avoir d'incomplet, nous entrons de suite en matière.

« *Première catégorie.* Lorsqu'une peinture vernie se bombe, se boursouffle ou *cloque*, se casse et tombe en écailles, sans entraîner avec elle aucune parcelle du fond, et laisser sur lui aucune trace de sa présence, on peut dire de suite que le fond n'était pas bien sec, et que le vernis dont on a recouvert la peinture n'a fait que précipiter sa destruction en bouchant tous les pores, en enlevant ainsi à l'humidité toute chance d'évaporation.

« *Deuxième catégorie.* Les accidents qui résultent de la préparation vicieuse de l'enduit ou des couches de teintes, sont moins connus, plus difficiles à expliquer et à constater. Ils ne sont pourtant que les conséquences inévitables de l'application fausse que l'on fait de cet axiome : *Que la peinture est d'autant plus solide à l'air, qu'elle contient plus d'huile*, ou, en d'autres termes, de la croyance erronée où l'on paraît être que la peinture à l'huile, qu'on doit vernir presque aussitôt qu'elle sera terminée, peut être traitée comme celle qu'on ne destine pas à être vernie, ou qui ne le sera qu'après quinze ou dix-huit mois, quand elle sera bien sèche, comme on a coutume de le faire pour les tableaux de prix. On ne réfléchit pas que le peintre en bâtiment ne peut point attendre l'époque de la dessiccation complète de son ouvrage, et de là tous les accidents que nous allons signaler.

« Supposons que, sur un fond bien sec, on ait appli-

Digitized by Google

qué trois couches (une d'enduit et deux de teintes, car, pour la peinture en bâtiments, il faut au moins trois couches de couleur préparées toutes trois avec une proportion trop forte d'huile de lin ordinaire), et que, pour faire sécher plus vite, on ait ajouté une forte dose d'huile siccative du commerce, bien qu'à la rigueur il suffirait d'une seule couche ainsi préparée pour donner lieu aux accidents que nous voulons expliquer; car, disons-le de suite, l'huile grasse ne sèche jamais; une couche qui contient beaucoup d'huile ordinaire, sèche difficilement; pour hâter sa dessiccation, si l'on y ajoute une forte dose d'huile grasse, elle ne séchera plus, c'est-à-dire que sous la peau, qui se formera d'autant plus vite à la surface qu'on aura ajouté plus d'huile grasse, il restera dans l'épaisseur de la couche des parties liquides soustraites ainsi à l'action de l'air, et par conséquent hors d'état de se solidifier (car c'est ainsi qu'on doit entendre cette expression : *L'huile grasse ne sèche jamais*). Si, cependant, sur une couche en cet état, qu'on croit sèche, parce qu'elle ne colle plus au doigt, mais qui ne l'est pas à fond, comme nous venons de le voir, on se hâte d'en appliquer une seconde de la même nature, qui augmentera la difficulté que la précédente éprouve déjà à sécher, mais dans laquelle seconde couche les mêmes causes produiront encore les mêmes effets, c'est-à-dire une pellicule extérieure et des parties liquides intérieures; sur celle-ci si on en applique une troisième, toujours de la même nature, on aura en définitive une épaisseur totale de trois couches de couleurs composées chacune de pellicules mollasses et de parties liquides.— Ce n'est pas tout, on y applique souvent un décor fait aussi à l'huile grasse, et dans les épaisseurs duquel se rencontreront encore des parties liquides, et l'on vernit le tout aussitôt que cette peinture a perdu toute puissance, toute adhérence au doigt, aussitôt enfin qu'elle est réputée sèche.

« Voyons maintenant ce qui va se passer dans une pareille peinture exposée au midi à l'action constante du soleil. L'épiderme résineux aura bien vite acquis toute sa dureté. Mais la chaleur qui fait durcir rapidement le vernis produit d'abord un effet contraire sur les couches de la peinture composées, comme nous venons de le faire voir, de pellicules mollasses et de parties liquides. Les pellicules s'amolliront davantage, les parties liquides se dilateront, et ne pouvant s'échapper à travers les pellicules qui les contiennent, elles soulèveront chacune en forme de boules ou vessies les couches qui leur sont superposées. Si l'action solaire est suffisante pour durcir complétement la peinture en cet état de soulèvement, on a ce qu'on appelle des *cloques*; si cette action a été insuffisante, les parties dilatées par la chaleur pendant le jour se contracteront par le refroidissement de la nuit, et tout soulèvement disparaîtra. Mais le lendemain, mais les jours suivants, les mêmes causes se renouvelant et reproduisant chaque jour les mêmes effets, de ces deux actions contraires et alternatives de la chaleur et du froid, soulevement et abaissement quotidiens de couches qui durciront chaque jour davantage, résultera bientôt le brisement, le cassement de ces couches en plaques plus ou moins grandes, plus ou moins régulières, et le liquide surabondant s'échappera à la faveur des issues qui lui sont offertes. — Si ces petites plaques, plus ou moins dilatées ou sèches au moment où la peinture se casse, retombent sur le fond, auquel elles s'attacheront par leurs parois intérieures encore gluantes, s'y fixent solidement et continuent d'y former une surface unie brillante, quoique brisée, on a ce qu'on appelle *fatençage*. Mais si, après ce brisement, et avant d'être fixées sur le fond, ces petites plaques, par un abaissement trop brusque, trop grand de la température, éprouvent un retrait considérable, et, glissant sur le fond, se racornissent ou se fendillent, et si en cet état elles cessent de former une surface unie, le vernis lui-même, cassé, fendillé avec la peinture qui lui sert d'appui, perdra son brillant, et l'on aura ce qu'on appelle *rudage* ou *gerçage*.—Les petits fossés qui séparent ces plaques les unes des autres seront d'autant plus larges, que la différence des températures opposées aura été plus grande, et le passage de l'une à l'autre plus brusque, et d'autant plus profonds que les parties liquides, véritables causes des accidents, auront été situées dans l'épaisseur de la peinture plus près des plâtres ou des bois qu'elle recouvrait.

« *Troisième catégorie.* Sur une peinture bien faite, comme nous le dirons tout à l'heure, les accidents qui résulteront de la mauvaise qualité des vernis n'auront point la gravité de ceux qui, nous venons de le voir, tiennent à l'humidité du fond ou à la préparation vicieuse des couches de teintes; c'est une peinture tout entière à recommencer dans ces deux premiers cas; car, dans le troisième, et c'est celui qui va nous occuper, il s'agira tout simplement d'enlever le vernis détérioré qui masque la peinture, et de le remplacer par un autre meilleur, pour rendre aux couleurs toute leur vivacité et tout leur éclat. En effet, un vernis de basse qualité blanchira, perdra vite sa transparence; un vernis trop corsé, trop poussé en siccatif, parce qu'il retombe dans la catégorie des couches de teintes qui contiennent trop d'huile grasse, cassera et par suite faïencera ou gercera, mais ne cloquera jamais, par la raison que, n'étant recouvert par rien, il finira toujours par sécher, par durcir à fond. Un léger frottement avec de la pierre ponce en poudre, un chiffon et de l'eau suffira pour enlever le vernis blanchi ou cassé, et le fond, ainsi débarrassé de la couche qui l'obscurcissait, reprendra toute sa beauté première sous une nouvelle application d'un vernis qu'il faudra seulement choisir meilleur que le premier. La préparation du VERNIS étant traitée avec détails dans un article séparé, il ne nous reste à donner ici que la méthode de préparer les peintures à vernir, de manière à éviter tous les inconvénients signalés ci dessus.

Manière de préparer les peintures à vernir.

« 1° Sur les plâtres ou les bois bien secs, les enduits doivent être mêlés d'une forte dose de litharge et de blanc de céruse, et, pour plus de sécurité, doivent avoir été appliqués longtemps avant les couches de teintes.

« Cette première couche étant destinée à prendre pied plutôt qu'à donner le ton de la couleur qu'on recherche, il n'y a pas d'inconvénient à lui donner un peu plus de liquidité qu'aux suivantes, et même, si on l'applique sur un plâtre neuf ou un bois, qui n'est pas bien sec, on aura toujours raison de l'employer bouillante, elle pénétrera mieux et fera mieux corps avec le fond.

« 2° Les couches de teintes broyées à l'huile, ou mieux encore avec moitié huile et moitié essence de térébenthine, doivent être détrempées avec de l'essence pure. Ainsi préparées, la première sera vite en état de recevoir la seconde, et celle-ci le décor ou le vernis. L'addition d'une petite dose d'huile siccative incolore, pour ne pas salir les couleurs, les ferait sécher et durcir plus promptement encore.

« 3° Sur ce fond bien sec, le décor, si on veut en appliquer un, doit être préparé, non pas avec l'huile grasse du commerce, qui forme toujours peau, c'est-à-dire qui trompe en faisant paraître sèche à l'extérieur une couche encore liquide à l'intérieur, comme il est facile de s'en convaincre en creusant avec l'ongle ou avec un canif la pellicule, qui ne manque jamais de se produire, mais avec une huile siccative qui ne présente aucun des inconvénients qu'on reproche à l'huile grasse ordinaire.

« 4° Un bon vernis, sur un fond ainsi préparé et bien sec, ne saurait occasionner aucun accident; en effet, le fond est également sec et dur partout, il ne contient

Digitized by Google

nulle part dans son épaisseur des parties molles ou liquides, il n'y aura donc pas de dilatation, et par conséquent, pas de soulèvement en une place plutôt que dans une autre de sa surface, il est donc parfaitement à l'abri des dangers que nous avons signalés et expliqués ci-dessus.

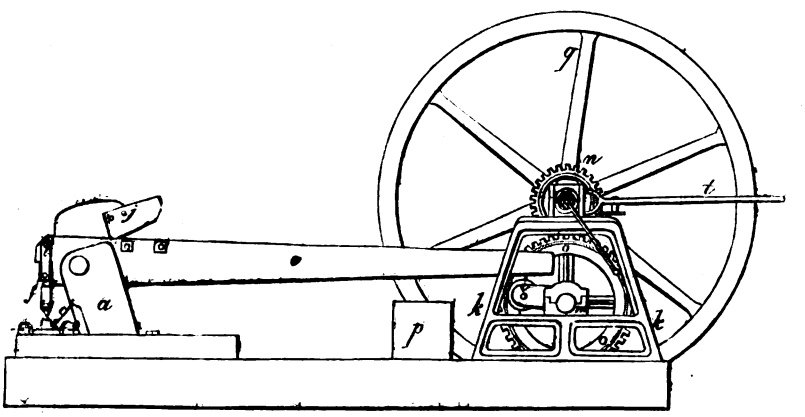
« 5° Mais il faut y appliquer un vernis excellent, car, avec un vernis de basse qualité, c'est-à-dire promptement effacé, usé, blanchi, le fond resterait bientôt exposé à nu aux frottements, aux coups qu'il pourrait recevoir, ne saurait y résister, et ne tarderait pas à tomber en poussière. »

PEINTURE EN COULEURS VITRIFIABLES. Voyez POTERIE et VERRE.

PENDULE CONIQUE. Le pendule conique dans son emploi pour la MACHINE A VAPEUR ayant été étudié en détail à cet article, nous n'avons pas à y revenir ici. Nous rappellerons seulement qu'en 1842, M. Chaussenot a proposé l'emploi du pendule conique pour indiquer la vitesse sur les chemins de fer; cette idée n'a pas encore été réalisée, elle n'est pas sans intérêt; ne pourrait-on pas, par exemple, faire servir le pendule conique à accroître la détente avec la vitesse, par une disposition analogue à celle employée par M. Farcot, et permettre ainsi de ramener la consommation de combustible à un *minimum*.

PERCER. L'action de percer un trou dans une matière quelconque s'exécute, soit par incision au moyen d'emporte-pièces (voyez DÉCOUPOIR), soit par pression au moyen d'un poinçon pointu, soit par arrachement au moyen d'un poinçon cylindrique à rebords acérés, comme dans les machines à percer la tôle, soit enfin par pression et rotation à la fois au moyen d'outils divers, tels que mèches, forets, tarières, etc.

Lorsque la matière est très dure, très tenace et d'une faible épaisseur, comme le sont les feuilles de tôle ou de cuivre laminé employées dans la chaudronnerie, on se sert d'un poinçon cylindrique à bords acérés, agissant en porte à faux et par arrachement, fixé au bras le plus court d'un levier, que l'on met en connexion avec un volant, toutes les fois qu'il s'agit d'une machine importante destinée à faire un grand nombre de trous en peu de temps. La fig. 1991 donne l'élévation d'une machine de ce genre, employée à Chaillot, pour percer les trous

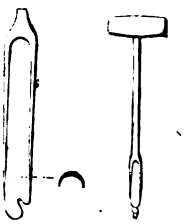


1991.

des rivets dans la tôle des chaudières à vapeur et des coques de bateaux à vapeur. Cette machine a l'avantage d'ébarber les feuilles à l'aide de la petite cisaille supérieure *j*, en même temps que le poinçon *f* fait le trou en pressant sur la matrice *g*; *q*, est un volant qui reçoit d'une machine à vapeur, ou de toute autre manière, un mouvement de rotation continu; sur l'arbre du volant se trouve une roue *n*, qui y est fixée par un manchon d'embrayage mû par le levier *t*; cette roue *n* engrène avec une autre roue dentée *o*, montée sur un axe *m* fixé sur le même bâti que celui du volant; un galet *v*, fixé à l'extrémité d'une manivelle montée sur l'arbre *m*, soulève le levier *c*, qui tourne autour d'un fort boulon situé sur le patin *a*; en *f* est une glissière qui sert à diriger le poinçon dans son mouvement vertical; des brides articulées *i*, *i*, relèvent le poinçon quand le levier *c*, abandonné par le galet *v*, vient retomber sur le support *p*.

Enfin, plus récemment, M. Cavé a appliqué aux machines à percer les tôles le principe fécond de l'application directe de la vapeur, principe qu'il a également appliqué avec le plus grand succès aux machines à cisailler, à cintrer et à river, comme il a été décrit à l'article CHAUDRONNERIE, page 698, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

Lorsqu'il s'agit de percer des pièces épaisses d'une matière assez résistante, mais néanmoins peu dure, comme le bois, on emploie des vrilles, des tarières ou des mèches. Les *vrilles* et les *tarières* ne diffèrent que par leur grandeur; ce sont des mèches emmanchées à angle droit au milieu d'un levier (figure 1992), qui, dans les tarières, est assez grand pour qu'on puisse le manœuvrer à deux mains.



1993. 1992.

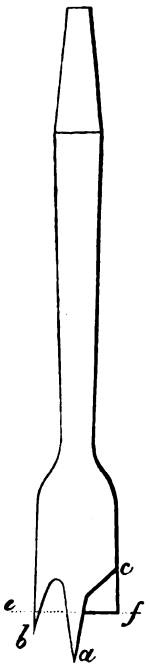
Nous avons déjà parlé des *mèches* dans un article spécial, ce qui nous dispense d'y revenir ici; nous rappelerons seulement que les principales sont les *mèches à cuiller* (fig. 1993), qui doivent être employées dans le bois debout, et les *mèches anglaises* (fig. 1994) ou mèches à trois pointes, qui sont particulièrement appropriées au bois de fil.

On emmanche très souvent les mèches, et même quelquefois les forets, à l'une des extrémités d'un vilebrequin (fig. 1995), sorte d'arbre coudé dont la manivelle ou poignée est verticale, et dont l'autre extrémité porte un trou conique dans lequel on introduit une pointe sur laquelle on exerce une pression qui se transmet à l'outil, comme l'indique la figure. Quelquefois cette partie est terminée par une pointe saillante; l'ouvrier place alors sur sa poitrine une plaque en bois ou en fer, dite *conscience*, et dans laquelle se trouvent de petites cavités, l'appuie sur la pointe et exerce ainsi une pression sur l'outil.

Dans les ateliers de construction, on exerce toujours la pression sur le vilebrequin au moyen d'une vis verti-

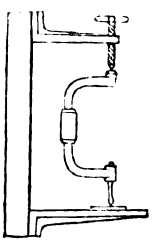
Digitized by Google

cale pointue, que l'on tourne pour faire descendre l'outil à mesure que le trou s'avance; la fig. 1996 représente une machine à la main de ce genre, d'un usage très commode. Elle est employée dans plusieurs ateliers, et se place à demeure sur les établis, près des étaux sur lesquels les ouvriers fixent les pièces où ils veulent percer des trous; le centre du trou étant déterminé à l'avance par un coup de pointeau, on serre la pièce dans l'étau et, au moyen d'un fil à plomb, d'équerres, etc., on la place de manière à rendre verticale la direction du trou que l'on veut obtenir; cela fait, on amène la pointe à vis au-dessus du trou de pointeau, on détermine sa position exacte au moyen du pointeau, et on commence l'opération en mettant la pointe de la mèche ou du foret dans le coup de pointeau, et le trou du vilebrequin dans la pointe à vis; on fait tourner l'outil, et on le descend au fur et à mesure en faisant tourner la vis.



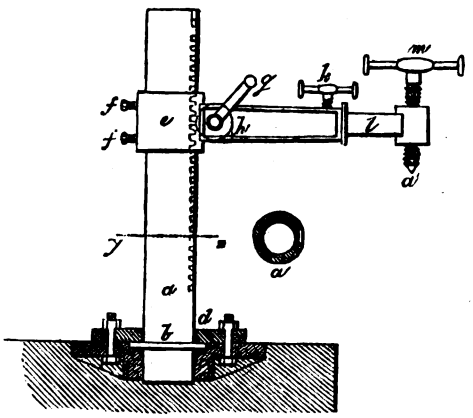
1994.

La machine est disposée de manière à pouvoir amener la pointe *a'* dans une position quelconque. A cet effet, l'arbre *a*, tourné parfaitement cylindrique, porte une embase *b*, au moyen de laquelle il s'appuie sur la base *c*, alésée intérieurement; une pièce annulaire *d* recouvre l'embase, et est fixée par des boulons à la base *c*: en desserrant ces boulons, il devient facile de faire tourner l'arbre *a* sur lui-même et de faire décrire un cercle au point *a'*; *c*, est une pièce en fonte, alésée intérieurement, et pouvant glisser tout le long de l'arbre *a*; *f*, *f*, vis de pression qui servent à fixer la pièce *e*; *g*, manivelle que l'on fait tourner quand on a desserré les vis *f*. Elle est fixée sur l'arbre d'un pignon *h*, placé dans l'intérieur de la pièce *e*, et engrenant avec une crémaillère verticale située le long de l'arbre *a*. En tournant cette manivelle on fait monter ou baisser la pointe *a'*, et quand elle est dans la position convenable on serre les vis *f*, *f*. *l*, pièce en fer glissant dans une coulisse horizontale pratiquée dans la pièce *e*; son extrémité est taraudée pour recevoir la vis *m*. En desserrant la vis *h*, la pièce *l* devient libre, et la pointe *a'* peut s'avancer et reculer horizontalement dans le sens de la longueur de la pièce *e*.


1995.

Il est facile de comprendre qu'en faisant tourner l'arbre *a* et avancer la pièce *l*, de quantités convenables, on amène la pointe *a'* également au-dessus du centre des trous à percer. Si on a plusieurs trous parallèles à faire on ne dérange pas la pièce, on varie simplement la position de la pointe *a'*, ce qui se fait très rapidement. Si cette pointe était fixée comme cela a lieu dans plusieurs machines à percer à la main, il faudrait, pour chaque trou, déranger la pièce et la remettre de niveau, ce qui serait infiniment plus long.

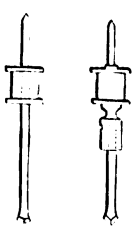
Les *forets* (fig. 1997), dont il a été traité dans un article spécial, remplacent les mèches qui n'offriraient pas

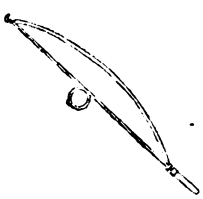


1996.

une solidité suffisante, lorsqu'il s'agit de percer des corps très durs, tels que l'ivoire et tous les métaux. On les meut également, soit au moyen d'un vilebrequin, soit souvent, pour des trous de très faible dimension, au moyen d'un *archet* ou *arçon* (fig. 1998), qui sert à imprimer à l'outil un mouvement de rotation alternatif très rapide.

Le perçage à la main ne s'emploie dans les ateliers que pour des trous de petites dimensions, et des pièces


1997.


1998.

qu'il est plus commode de placer sur des étaux que sur des machines. Dès que le nombre des trous à percer devient un peu considérable, surtout pour le travail des métaux, il est indispensable, si on veut travailler avec économie, d'employer des machines à percer mues par un moteur moins coûteux et plus puissant que l'homme, et qui opèrent avec célérité et économie.

Ces machines se composent, en général, d'un arbre vertical maintenu dans des coussinets, et à l'extrémité inférieure duquel on place le foret. Cet arbre, outre le mouvement de rotation, peut encore marcher dans le sens de sa longueur. La pression sur le foret est déterminée d'ordinaire par des contre-poids fixés à l'extrémité de leviers, que l'on peut allonger ou raccourcir afin de faire varier la pression. D'autres fois, le mouvement descentionnel est déterminé par un système de vis et d'engrenages analogue à celui que nous avons décrit à l'occasion des ALÉSOIRS. Les pièces à percer sont fixées sur un plateau horizontal au moyen de boulons et d'écrous; si l'on doit y pratiquer plusieurs trous, il faut changer leur position sur le plateau. Il existe, dans quelques ateliers, des machines à percer analogues,

Digitized by Google

quant au principe, à la machine à percer à la main que nous avons décrite. Le foret peut se transporter sur tous les points d'un cercle d'un rayon assez considérable, et percer des trous parallèles sur une même pièce sans qu'il soit nécessaire de la déranger. Ces machines fonctionnent bien, sont d'un usage commode, et doivent être employées dans tout atelier où on aura beaucoup de trous à percer, et où l'on est désireux de réunir toutes les conditions d'une bonne exécution et d'une fabrication économique. Quelquefois l'arbre porte-lames est fixe et les pièces sont placées sur un chariot mobile dans deux directions perpendiculaires. Voyez ALÉSOIR, DÉCOUPOIR, FORET, MÈCHE, etc., pour le complément de cet article. D.

PERLES. Les perles sont produites par quelques espèces de mollusques bivalves, qui sont sujets à une sorte de maladie causée par l'introduction de corps étrangers dans l'intérieur de leur coquille : la substance nacrée, au lieu de s'étendre en couches sur la coquille, enveloppe alors ces corps pour mettre le leur à l'abri des irritations qu'ils produisent. La perle est formée de couches concentriques autour d'un noyau central, qui est le corps étranger, origine de sa formation : sa substance est de même nature que la nacre et essentiellement composée de carbonate de chaux.

Ce sont principalement les espèces de mollusques les plus riches en NACRE qui produisent les perles : les plus estimées viennent de Ceylan et d'Olmutz, dans le golfe Persique, où leur pêche donne lieu à un commerce assez important. Les Orientaux les prisent à l'égal des pierres gemmes les plus chères; en Europe, elles sont beaucoup moins recherchées, et leur prix est beaucoup moins élevé. Pour être estimées, les perles doivent être grosses, sphériques, et réfléchir la lumière en la décomposant avec une grande vivacité.

PERLES ARTIFICIELLES. On donne ce nom à de petits globules en verre mince, percés de deux trous opposés à l'aide desquels on peut les enfiler, lorsqu'on les a préparées de manière à ce qu'elles puissent imiter les concrétions arrondies, brillantes et irisées des *perles orientales* que fournissent certaines coquilles bivalves. Ces globules se soufflent très minces à la lampe avec des verres blancs bleuâtres opalins; on y introduit une goutte d'ESSENCE D'ORIENT, qu'on prépare, comme nous l'avons vu, avec des écailles d'ablette et de l'ammoniaque, et on fait sécher doucement pour faciliter la volatilisation de l'ammoniaque; enfin, pour donner plus de solidité aux globules, on en remplit ordinairement l'intérieur avec de la cire.

Les grains de verroterie employés pour colliers, chapelets, etc., se font d'une manière toute différente. On prend des tubes en verre blanc laiteux, simple ou doublé en rouge, bleu, etc., selon qu'il s'agit d'obtenir des grains blancs ou colorés; ces tubes, analogues aux tiges de thermomètres, et d'un diamètre proportionné à celui des grains que l'on veut obtenir, sont coupés par paquets en cylindres d'une hauteur égale à leur diamètre; on introduit ensuite ces petits cylindres, avec un mélange de plâtre et de graphite, ou de charbon de bois pulvérisé et d'argile, dans un tambour pyriforme en cuivre ou en fer battu traversé par un axe en fer, et que l'on place ensuite au-dessus d'un foyer dans un fourneau convenablement disposé. On imprime au tambour un mouvement de rotation continu; les cylindres de verre se ramollissent par l'effet de la chaleur, et prennent peu à peu, par le frottement, une forme sphérique : les substances pulvérulentes que l'on a introduites dans le tambour empêchent les globules de verre de se souder les uns aux autres. Lorsque l'opération est terminée, on retire le tambour du fourneau au moyen d'une petite grue à volée mobile; on laisse refroidir, et on sépare par le tamisage les matières pulvérulentes.

PERSPECTIVE. Voyez DESSIN et GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

PESANTEUR. Tous les corps s'attirent entre eux en raison directe de leur *masse*, c'est-à-dire de la quantité de matière qu'ils renferment, et en raison inverse du carré de la distance : ce principe est celui de l'*attraction* ou *gravitation universelle*, dont Képler découvrit le premier les lois par l'observation des orbites des astres, et qui furent plus tard démontrées mathématiquement par Newton et expérimentalement par Cavendish. L'action que le globe terrestre exerce sur les corps situés à sa surface porte le nom de *gravité* ou de *pesanteur*. L'attraction qu'une sphère composée d'éléments de même densité ou d'éléments de densités différentes disposés par couches concentriques, ce qui est sensiblement le cas du globe terrestre, exerce sur les corps situés à sa surface, est la même que si l'on supposait toute la masse de cette sphère réunie en son centre : cette action est donc dirigée vers ce centre, c'est-à-dire perpendiculairement a la surface des eaux dormantes. L'action de la pesanteur tend à faire tomber les corps, et exerce sur eux une action dont la résultante constitue le poids de ces corps. Il résulte des définitions que nous venons de donner que, dans le même lieu, sous le même volume, les poids des corps sont proportionnels à la quantité de matière ou à la *masse* qu'ils renferment sous le même volume. On est convenu d'appeler DENSITÉ ou *pesanteur spécifique* le poids d'un corps, sous l'unité de volume, rapporté à l'unité de poids. On pourra alors poser $P = D \times V$, P étant le poids sous le volume V, et D la densité : cette équation permet de trouver les densités des corps, lorsqu'on connaît leurs volumes, et réciproquement.

La terre n'étant pas parfaitement sphérique, et étant aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, il s'ensuit que l'intensité de la pesanteur varie à sa surface, et va en augmentant de l'équateur au pôle. Soit g, cette intensité, la loi du mouvement uniformément accéléré des corps sollicités par une force constante, donne, pour l'espace e parcouru pendant le temps t : $e = 1/2\ gt^2$; et, si nous prenons la seconde pour unité de temps, $g = 2E$, c'est-à-dire le double de l'espace parcouru, par un corps tombant dans le vide, pendant la première seconde de sa chute. On calcule plus aisément g au moyen de la formule $g = \pi^2\ l : t$, étant la longueur du pendule simple, qui fait exactement une oscillation par seconde; à Paris, $g = 9{,}8088$, ou plus simplement 9,81.

Soit m, la masse d'un corps, sous l'unité de volume; sous le volume V, sa masse $M = m\ V$, et son poids $P = m\ g\ V$.

PESANTEUR SPÉCIFIQUE. Voyez DENSITÉ.

PÈSE-ACIDES. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-LIQUEURS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PÈSE-SELS. Voyez ARÉOMÈTRE.

PESON. Voyez DYNAMOMÈTRE.

PETIT-LAIT. Voyez FROMAGE et LAIT.

PÉTRIN. Voyez PAIN.

PÉTROLE. Voyez BITUME.

PHARE. Les phares sont des foyers lumineux placés ordinairement au sommet des tours élevées, et destinés à indiquer pendant la nuit les points remarquables des côtes, les écueils, l'embouchure des fleuves ou l'entrée des ports.

L'emploi de lumières pour guider les navigateurs pendant la nuit remonte à une haute antiquité. Le fanal élevé sur l'île de Pharos par le Gnidien Sostrate, sous le règne de Ptolémée Philadelphe, l'an 470 de la fondation de Rome, passa longtemps pour une merveille. Les Romains employèrent aussi ces appareils, et l'on voyait même encore en 1643 le phare qu'ils avaient élevé à Boulogne pour diriger les navires qui traversaient la Manche.

Les phares de France forment un système d'éclai-

Digitized by Google

rage en grande partie terminé, et déjà le plus complet de l'Europe entière. Nos côtes se garnissent chaque soir d'une ceinture lumineuse pour indiquer aux navires leur véritable position, et leur permettre de se diriger vers les ports qu'ils doivent atteindre.

Les phares étaient autrefois éclairés par des feux de bois ou de charbon de terre, que l'on entretenait soigneusement pendant toute la nuit. Le célèbre Borda remplaça cet éclairage imparfait par des lampes à réflecteurs ; c'était le premier pas dans la voie des perfectionnements réalisés depuis cette époque. Les lampes à double courant d'air d'Ami-Argant furent ensuite appliquées à l'éclairage des phares ; et des miroirs paraboliques, soigneusement exécutés, substitués aux simples réflecteurs. Tels étaient les moyens d'éclairage employés pour les phares, lorsque M. Augustin Fresnel parvint, en 1819, à faire établir ces beaux appareils dioptriques, à lentilles annulaires, que nous donnons plus loin avec détails.

Les phares de France sont partagés en quatre classes de grandeurs et de portées différentes :

Les phares de premier ordre, espacés en général de 14 lieues marines les uns des autres, servent à reconnaître les parages, et, pour les bâtiments qui viennent du large, à corriger l'*estime ;*

Les phares de deuxième et de troisième ordre indiquent les écueils, les baies et les rades foraines ;

Enfin, les phares de quatrième ordre signalent les passes, l'embouchure des fleuves et l'entrée des ports.

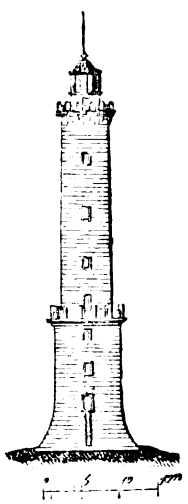
Chacun des feux distribués sur les côtes ayant à faire reconnaître le lieu qu'il éclaire, doit offrir un caractère distinctif qui ne permette pas de le confondre avec d'autres. Comme les grands phares sont ordinairement situés à 7 lieues marines au moins les uns des autres, il s'ensuit qu'avec un très petit nombre d'espèces différentes, deux feux semblables sont toujours séparés l'un de l'autre par une distance plus grande que l'erreur dans laquelle peut être un bâtiment sur sa véritable route, ce qui ne permet aucune confusion à cet égard. Le petit nombre de moyens que nous allons indiquer, suffit donc pour établir la distinction des feux.

Quelques phares sont à feu fixe et éclairent constamment tous les points de l'horizon, mais le plus grand nombre sont à éclipses. La durée relative de l'éclipse et de l'éclat varie avec la distance de l'observateur, mais le temps qui sépare une éclipse de la suivante est constant, et fournit le caractère distinctif du feu. D'autres phares, enfin, offrent un feu fixe varié par des éclats périodiques très brillants, ce qui fournit un troisième moyen de distinction. On a construit quelques lanternes des phares de quatrième ordre en verres de couleur, espérant obtenir ainsi un nouveau moyen de caractériser les feux ; mais ces verres absorbent beaucoup de lumière, et certains états de l'atmosphère peuvent modifier singulièrement la teinte qu'ils présentent habituellement, et même faire paraître colorés des feux blancs, ce qui pourrait entraîner dans les erreurs les plus funestes.

Les côtes de France présentent, sous le rapport géologique, une symétrie remarquable : à droite et à gauche du grand massif primitif de la Bretagne, nous rencontrons d'abord les côtes escarpées et garnies de falaises calcaires, qui s'étendent depuis Barfleur, à l'extrémité du Cotentin, jusqu'à Eu, d'une part, et de l'autre, depuis les sables d'Olonne, à l'extrémité de la Vendée, jusqu'à l'embouchure de la Gironde. Des côtes plates et sablonneuses succèdent aux falaises ; elles s'étendent, d'un côté, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'à Bayonne, et, de l'autre, depuis Eu jusqu'à Dunkerque, excepté à Boulogne, où reparaissent quelques falaises.

Les terrains primitifs forment des côtes dentelées et garnies d'écueils, qui s'étendent souvent à plusieurs lieues en mer et rendent leurs abords on ne peut plus difficiles, mais ils présentent en même temps beaucoup de criques, de petits havres et de ports ; ce sont les côtes les plus fréquentées et en même temps les plus dangereuses ; ce sont celles qui doivent offrir le plus grand nombre de phares. Les côtes à falaises offrent en général des mouillages faciles et de grandes profondeurs d'eau jusqu'au pied des terres. Les côtes sablonneuses et unies formées par les alluvions, présentent des bancs et des hauts-fonds presque aussi redoutables que les écueils des terrains primitifs ; mais n'offrant presque pas de lieux de refuge elles sont peu fréquentées, et les accidents y sont par conséquent moins à craindre.

D'après ce que nous venons de dire, on comprend que la plupart de nos phares sont placés sur les côtes de Bretagne ; c'est par conséquent dans cette partie de la France que nous prendrons notre point de départ, en signalant seulement les phares français les plus remarquables.



1999.

Le phare des Héaux de Bréhat (fig. 1999), construit par M. Reynaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées, auquel on doit tant d'autres travaux remarquables, peut être cité comme un modèle pour les édifices de ce genre. Les besoins du service y sont admirablement conciliés avec l'élégance des formes et la convenance des proportions. Les magasins, le logement des gardiens et la chambre de quart, sont disposés dans l'intérieur de la tour et communiquent entre eux par un escalier.

Les parages si dangereux des sept îles sont éclairés par les phares de Bréhat, de l'île de Bas et du cap Fréhel ; les deux derniers indiquent l'entrée du golfe de Saint-Brieux, et le dernier, combiné à celui de Granville, signale Saint-Malo et l'entrée de la baie de Cancale.

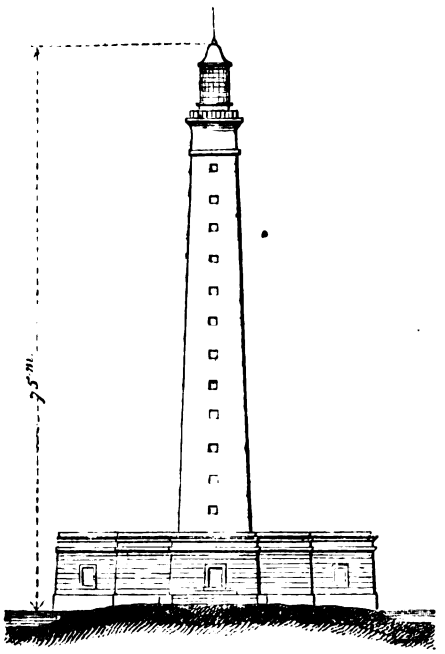
La navigation, aidée entre Granville et la pointe de la Hague par un feu à éclipses de demi-minute en demi-minute, placé sur le cap Certenet, est encore tellement difficile, que les grands bâtiments passent toujours au-delà d'Aurigny en se guidant sur les trois phares anglais des Casquets, qui forment une espèce de constellation facile à reconnaître.

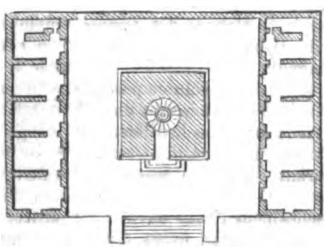
Le phare de Barfleur (fig. 2000), élevé il y a quelques années à la pointe du Cotentin, pour remplacer un phare peu élevé, mais d'une construction élégante, qui existe encore à côté, est un des beaux monuments des ports de la Manche. Son exécution matérielle est des plus remarquables ; malheureusement la forme carrée du soubassement de la tour ne paraît pas bien justifiée, et ne produit pas un effet aussi heureux qu'on pourrait le désirer. Les magasins et les logements sont distribués, comme l'indique le plan, dans des bâtiments rectangulaires élevés autour de l'édifice principal ; l'escalier est ménagé dans l'espace annulaire compris entre les parois de la tour et la surface extérieure d'un noyau vide élevé au centre de la colonne.

Le Havre est indiqué par les deux phares du cap de la Heve, situés seulement à 100 mètres l'un de l'autre. L'entrée du port et l'embouchure de la Seine sont d'ailleurs garnis d'une série de petits feux, qui dirigent les navires dans ces parages assez difficiles. Les phares de

Digitized by Google

la Hève, construits il y a déjà fort longtemps, ont été restaurés dans ces derniers temps et produisent aujourd'hui un effet assez satisfaisant, dont la fig. 2001, qui représente un de ces édifices, peut donner une idée.





2000.

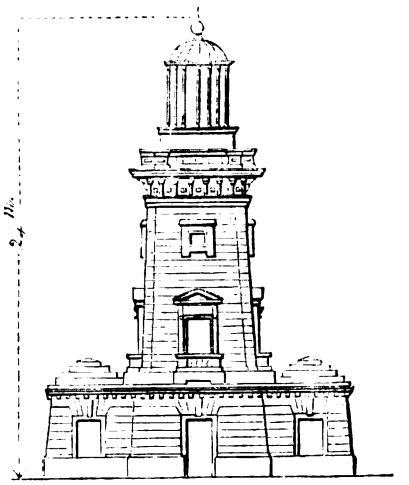
Dieppe, Saint-Valery, Boulogne et Dunkerque, possèdent aussi des phares qui complètent de ce côté l'éclairage de nos côtes.

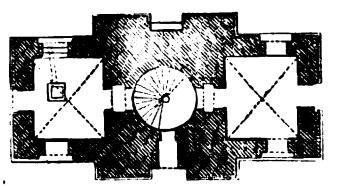
Revenons maintenant à notre point de départ, la pointe de la Bretagne, et citons seulement, en passant, les phares si remarquables de Belle-Ile-en-Mer, du Four, de Noirmoutier, des Sables, de Cordouan, à l'embouchure de la Gironde, d'Arcachon et de Bayonne.

La fig. 2002 est un croquis du phare anglais de Jersey, dont l'aspect pittoresque nous a toujours frappé.

Quant aux côtes de la Méditerranée, formées d'anciennes alluvions dans la plus grande partie de leur étendue, elles ne présentent que des surfaces unies et régulières, depuis les dernières ramifications des Pyrénées à Port-Vendres, jusqu'à Marseille, où reparaissent les roches abruptes qui se prolongent jusqu'à Antibes. Elles offrent par conséquent un assez petit nombre de mouillages, et par suite un système très simple d'éclairage. Six phares principaux suffisent pour signaler les points les plus importants : le premier est sur les îles d'Hyères ; le second, le phare du Planier, signale Marseille, notre grand port de commerce ; et le troisième, élevé à l'extrémité de la Camargue, indique les bouches du Rhône, tandis que le phare placé vis-à-vis d'Aigues-Mortes, celui du mont d'Agde, et enfin celui du cap Béarn, permettent de reconnaître les points principaux du vaste golfe de Lyon.

La construction des phares exige toujours beaucoup de soin, et présente dans quelques circonstances les difficultés les plus sérieuses. L'élévation considérable de





2001.

ces édifices rend indispensable l'emploi de matériaux choisis et appareillés avec la plus grande perfection. On peut consulter sur la stabilité de ces monuments et sur celle des hautes cheminées un mémoire intéressant publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, par M. Fresnel.

L'emploi, dans la construction d'un phare, d'un échafaudage fixe, partant du sol et s'élevant à la hauteur de l'édifice, serait en général fort coûteux, à cause de la force considérable qu'il faudrait lui donner pour résister aux vents violents qui règnent sur les côtes. On emploie donc ordinairement un échafaudage volant, très léger, qui s'élève avec la tour elle-même.

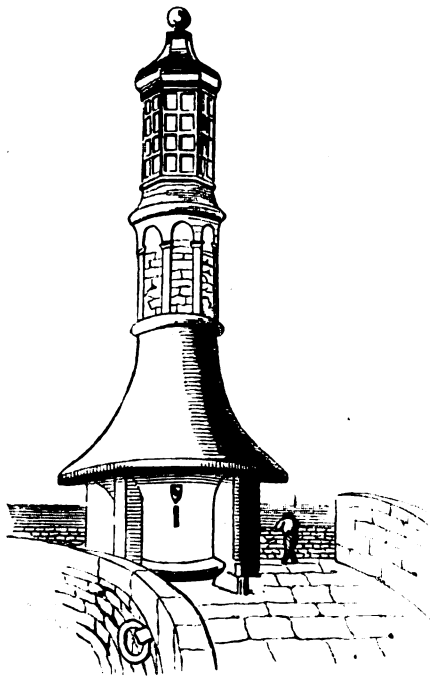
Le montage des matériaux mérite aussi, dans ce genre de construction, de fixer sérieusement l'attention. Quand le centre de la tour est évidé, on fait ordinairement monter les pierres par cette ouverture au moyen d'un treuil placé au sommet. M. Morice Larue, qui a dirigé avec un si grand talent la construction des phares de la Hague et de Barfleur, employait à ce dernier un moyen fort économique pour élever les pierres ; les chevaux qui venaient apporter les pierres étaient attelés, en retournant en chercher de nouvelles, à la corde même qui élevait celles qu'ils venaient d'apporter ; de sorte que tout leur temps se trouvait utilement employé.

Quand le phare en construction ne présente pas de vide continu dans son intérieur, on dispose sur l'échafaudage une petite grue tournante et à volée mobile, qui

Digitized by Google

enlève les pierres et vient les déposer à la place qu'elles doivent occuper, ce qui facilite et accélère beaucoup le travail des maçons poseurs.

Les phares sont souvent établis sur des rochers isolés qui ne sont découverts que pendant les basses mers extraordinaires. Les difficultés de construction sont alors de toutes sortes. L'ingénieur, obligé de veiller à la fois à la bonne exécution du travail dont il est chargé et à la sûreté des ouvriers qui lui sont confiés, a besoin d'une grande activité et d'un dévouement sans bornes. Un



2002.

travail de cette nature convenablement dirigé suffit pour assurer la réputation d'un constructeur. C'est un des postes les plus dignes d'envie.

On amène ordinairement, pendant que la mer est encore haute, les ouvriers et les matériaux nécessaires, et on s'empresse de profiter de la basse mer pour poser les premières assises ; dès que le phare est élevé au-dessus des hautes mers, on doit y travailler d'une manière continue, si le temps est calme, et pousser le travail avec la plus grande activité possible, les avaries devenant d'autant moins à craindre que la maçonnerie est plus avancée.

L'emploi de pontons pour disposer les matériaux et recevoir les ouvriers présente du danger et de grandes difficultés. L'irrégularité inévitable des arrivages retarde le travail et devient ainsi quelquefois la cause indirecte des avaries les plus graves. Nous pensons, par conséquent, que toutes les fois qu'il est possible d'établir, sur le rocher où l'on doit construire, un enrochement solide, formant une espèce d'île artificielle sur laquelle on peut ensuite déposer en sûreté les matériaux et les ouvriers, il convient de suivre cette marche. Les dépenses de premier établissement seront, en général, plus que compensées par la régularité du travail et les économies de transport, de bardage, etc. D'ailleurs, on doit surtout s'attacher, dans les travaux à la mer, à éviter les accidents et les avaries dont une seule suffit quelquefois pour augmenter d'un tiers ou d'un quart les dépenses prévues.

Nous citerons, parmi les phares construits sur des rochers isolés, le phare du Four, situé à deux lieues en mer, vis-à-vis le Croisic (Loire-Inférieure), le célèbre phare d'Edystone élevé par Smeaton, ingénieur anglais, et dont le dessin a été si souvent reproduit que nous n'avons pas cru nécessaire de le donner ici, le phare de la Pointe de la Hague, etc. On trouvera d'ailleurs les détails les plus intéressants sur la construction des phares dans les mémoires insérés par MM. Larue et Potel dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1834 et 1835.

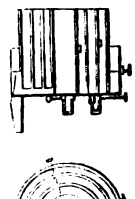
Éclairage des phares. Nous avons dit qu'autrefois les becs des lampes étaient placés au foyer de miroirs paraboliques en métal poli. La lumière de la lampe se trouvait ainsi réunie en un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui se projetaient à une grande distance. On obtenait les feux fixes en réunissant un nombre de miroirs assez grands pour diriger des faisceaux de lumière dans toutes les directions de l'horizon à éclairer.

Lemoyne, qui avait compris, dès 1782, l'importance des éclipses, comme moyen de distinguer les phares, les produisait au moyen d'écrous qui passaient périodiquement devant les lampes. Peu de temps après, un Suédois eut l'idée d'imprimer un mouvement de rotation aux miroirs eux-mêmes, de sorte que le même faisceau lumineux était constamment utilisé, en parcourant successivement les différents points de l'horizon.

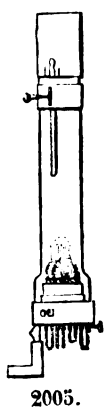
Les miroirs métalliques absorbent toujours au moins la moitié de la lumière incidente, leur exécution est très délicate, leur entretien fort difficile et leur poids considérable, aussi sont-ils aujourd'hui complétement abandonnés. Il n'en existe plus que dans un ou deux phares, où ils seront même bientôt remplacés par les appareils lenticulaires dont nous allons expliquer la construction et le mode d'éclairage.

Occupons-nous d'abord des *lampes* employées dans les appareils dioptriques. Pour arriver au résultat le plus avantageux, la flamme doit présenter le plus vif éclat sous le plus petit volume possible, afin que toutes ses parties soient peu éloignées du point mathématique qui constitue le foyer des lentilles. MM. Arago et Aug. Fresnel ont obtenu ce résultat au moyen de lampes à double courant d'air et à mèches concentriques. Les fig. 2003 et 2004 indiquent la construction d'un bec à quatre mèches pour phare de premier ordre. Ce bec reçoit constamment un excès d'huile, au moyen de petites pompes, analogues à celles des lampes dites Carcel, mises en jeu par un mouvement d'horlogerie.

2003.



2004



2005.

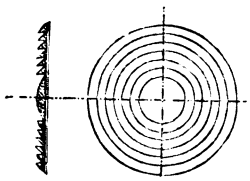
Les mèches sont enveloppées d'une forte cheminée en verre (fig. 2005), surmontée d'un tuyau en tôle que l'on peut allonger ou raccourcir pour régler le tirage et

Digitized by Google

qui porte en outre une espèce de clef de poêle destinée au même objet.

Le gardien placé dans la chambre de quart au-dessous de la lanterne est averti par un mécanisme fort simple des dérangements qui pourraient arriver à la lampe. L'excès de l'huile amenée aux mèches retombe dans un petit vase percé d'une ouverture à peine suffisante pour lui donner issue, de sorte que ce petit vase est toujours rempli d'huile le temps que les lampes fonctionnent bien ; mais si elles se dérangent, la quantité d'huile amenée est moins considérable, le petit vase se vide peu à peu, son poids diminue, et bientôt il peut être soulevé par un contre-poids fixé à l'autre extrémité du levier qui le supporte. Ce mouvement dégage l'échappement d'une sonnette qui s'agite alors violemment pour prévenir de l'accident. Il y a toujours dans le phare une lampe préparée pour remplacer en quelques instants celle qui viendrait à se déranger. Une instruction détaillée, rédigée par les soins de l'administration, enseigne aux agents chargés de l'entretien et de la surveillance des phares toutes les précautions à prendre pour le nettoyage des appareils, le centrage des mèches et autres détails dans lesquels nous ne pouvons entrer ici.

Occupons-nous à présent des appareils lenticulaires qui utilisent la lumière des lampes que nous venons de décrire. On sait qu'en plaçant au foyer principal d'un verre lenticulaire un point lumineux, on produit derrière la lentille un faisceau cylindrique de rayons parallèles qui peuvent se transmettre à de grandes distances. Tel est le principe fondamental des appareils dioptriques ; mais quand on avait voulu l'appliquer, on avait rencontré des difficultés d'exécution qui paraissaient insurmontables. La fabrication de lentilles d'une assez grande dimension était presque impossible ; leur poids eût été énorme et leur épaisseur au centre tellement considérable qu'elles auraient absorbé la plus grande partie de la lumière. Fresnel a fait disparaître toutes ces difficultés en employant des lentilles *à échelons* (figures 2006 et 2007) composées d'un verre central de forme ordinaire entouré d'une série d'anneaux de peu d'épaisseur dont le profil est tel qu'ils ont tous le même foyer principal. Ces différentes pièces de verre ainsi réunies produisent donc l'effet d'une lentille dont on aurait enlevé toute la matière inutile. Les lentilles de cette espèce absorbent à peine 1/20 de la lumière incidente, sont d'une exécution facile, puisqu'elles n'exigent que l'emploi de masses peu considérables que l'on peut travailler séparément, et enfin leur entretien est on ne peut plus simple. Buffon avait eu déjà l'idée de lentilles annulaires, mais il n'avait pu les exécuter. Tout l'honneur de cette invention revient à M. A. Fresnel, qui, du reste, n'avait pas connaissance des travaux de Buffon sur ce sujet.



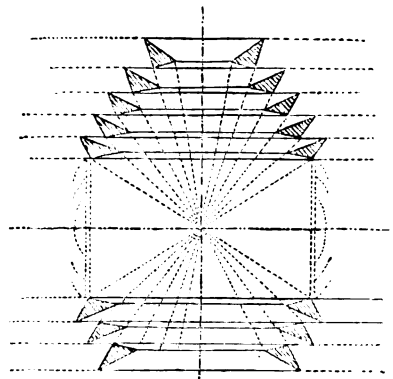
2007. 2006.

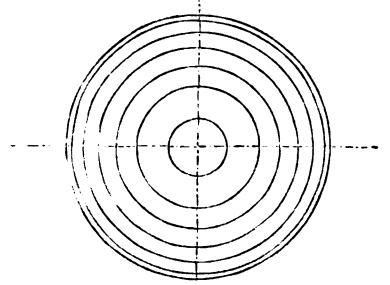
Voyons maintenant comment l'ingénieuse idée des lentilles à échelons se prête à tous les besoins de l'éclairage des phares. Pour obtenir les feux fixes, on forme un tambour annulaire engendré par la révolution du profil (fig. 2007), non plus autour d'une ligne perpendiculaire à sa surface et passant par son centre, comme pour les lentilles, mais bien autour d'une droite verticale passant par le foyer principal du profil. On forme ainsi le tambour à feu fixe, représenté en coupe et en plan par les fig. 2008 et 2009, avec ses zônes dioptriques sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les feux à éclipses sont produits par la rotation d'un tambour octogonal (fig. 2010 et 2011) formé de huit

grandes lentilles à échelons analogues à celle représentée fig. 2006 et 2007. Les faisceaux lumineux qui

2008.

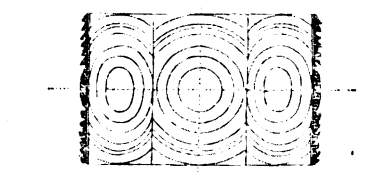


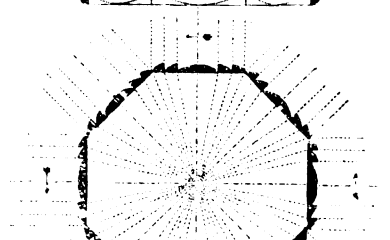


2009.

émergent de chacune de ces lentilles parcourent successivement tous les points de l'horizon qu'ils éclairent

2010.





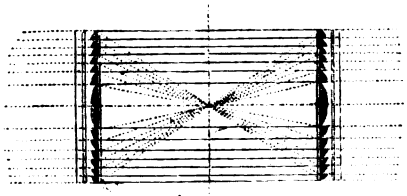
2011.

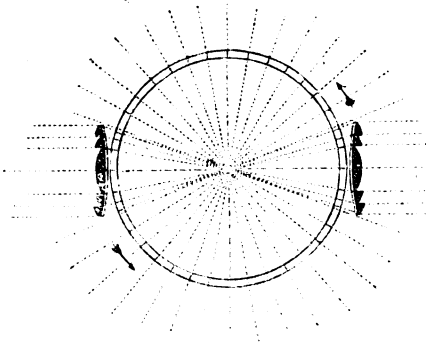
les uns après les autres. La vitesse de rotation du tambour détermine le temps qui sépare les différents éclats ; ainsi, par exemple, quand il fait une révolution en huit minutes, on aperçoit un éclat par minute.

Digitized by Google

Les phares à feux variés par des éclats présentent une disposition un peu différente. Ils sont formés (figures 2012 et 2013) d'un tambour circulaire à feu fixe,

2012.

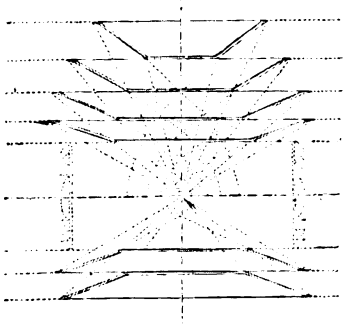




2013.

autour duquel tourne une lentille prismatique dont la figure indique la section droite. La lumière émise par la lampe et déjà réunie en nappe circulaire par le tambour à feu fixe se trouve de plus réunie en faisceau parallèle et produit ainsi un éclat passager plus vif que celui du feu fixe. Cet éclat est nécessairement précédé et suivi d'une petite éclipse dont la durée, comme celle de l'éclat lui même, dépend de la vitesse de rotation de la lentille prismatique autour du tambour fixe.

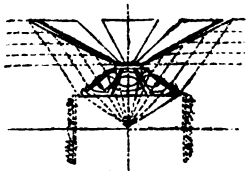
Les appareils tels que nous venons de les décrire n'utiliseraient que la partie de la lumière de la lampe

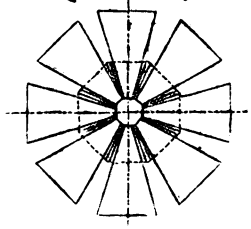


2014.

émise dans l'angle formé par les lignes partant du centre de la flamme et passant par les bords extérieurs des lentilles. Il faut encore utiliser la lumière émise dans les autres directions. On arrive à ce résultat au moyen de différents appareils. La première idée qui se présente consiste à disposer au-dessus et au-dessous du tambour dioptrique, comme l'indique la fig. 2014, une série de miroirs paraboliques ayant tous pour foyer la lampe elle-même. L'exécution et l'entretien de ces miroirs est difficile, et ils ne réfléchissent régulièrement, comme nous l'avons déjà dit, que la moitié de la lumière qu'ils reçoivent. On leur a donc substitué (figures 2015 et 2016) un

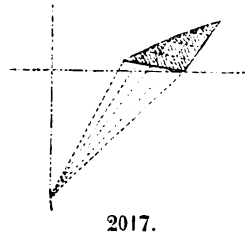
2015.





2016.

système de lentilles à échelons inclinés sur lesquelles tombent la lumière et dont elle émerge en faisceaux parallèles qui sont à leur tour renvoyés dans la direction voulue par des miroirs plans, en glaces étamées, convenablement inclinés. Cette disposition absorbe moins de lumière que la première, mais elle est compliquée, et les miroirs étamés ont l'inconvénient de s'altérer assez rapidement. On adopte par conséquent, aujourd'hui, une disposition plus parfaite dont le prix est malheureusement trop élevé. On place au-dessus et au-dessous du tambour principal une série d'anneaux, à section triangulaire, indiqués fig. 2008 et 2009, dont la forme (fig. 2017) est calculée de telle sorte que la lumière, en arrivant divergente à la partie inférieure, éprouve sur la face la plus inclinée une *réflexion totale*, et sort ensuite, par la troisième face, en faisceaux parallèles. Ces anneaux dioptriques remplissent donc à eux seuls la double fonction des lentilles et des miroirs de l'appareil précédent, ils absorbent très peu de lumière et ne s'altèrent pas plus que le reste de l'appareil.



2017.

Les appareils lenticulaires des phares à éclipses sont supportés par un pivot et un système de galets. Un mouvement d'horlogerie, mû par un poids et placé au dessous de la lanterne, leur imprime le mouvement de rotation qu'ils doivent avoir.

Dans tous les cas, l'appareil d'éclairage est renfermé dans une lanterne en glaces qui couronne le phare. Le dôme de la lanterne est en cuivre et surmonté d'un paratonnerre. Les glaces sont fixées dans les nervures de montants en fer ou mieux en bronze ; malgré leur épaisseur de 0m.008 à 0m,010, elles sont souvent cassées par les oiseaux de mer qui viennent se précipiter vers la lumière.

La fabrication des appareils dioptriques des phares est arrivée aujourd'hui, grâce aux efforts de MM. Soleil et Henri Lepaute, à un degré de perfection qui laisse peu de chose à désirer. L'Angleterre, la Suède, la Norwége et les Etats-Unis ont acheté en France, depuis quelques années, plus de quarante appareils d'éclairage pour les phares.

Les instruments pour la taille des lentilles et des anneaux sont très simples par eux-mêmes. Ils exigent seulement une grande précision. La pièce de verre collée sur un disque horizontal en métal, animé d'un mouvement de rotation, est usée et polie au moyen d'un frottoir fixé à l'extrémité d'une pièce de fer, dont l'autre bout est réuni par une charnière à un point fixe. La longueur de cette pièce de fer est égale au rayon de courbure du profil générateur de la surface que l'on exécute.

Les machines à tailler les lentilles sont mises en mouvement dans les beaux ateliers de M. Henri Le-

Digitized by Google

paute, rue de Vaugirard, n° 133, à Paris, par une machine à vapeur. L'outillage puissant de ce fabricant distingué lui permet de faire mieux et à plus bas prix que qui que ce soit ce genre de travail.

Portée des phares, intensité de leur lumière. La portée des phares du premier ordre varie de 28 à 44 kilomètres. Celle des feux de port de 11 à 22 kilom. On ne doit pas confondre cette portée théorique, dépendant de leur élevation, avec la limite de leur *visibilité* qui peut être sensiblement diminuée par l'état de l'atmosphère, et qui, dans des circonstances favorables et pour des phares très élevés, peut s'étendre, au contraire, beaucoup plus loin. Le phare du mont d'Agde, par exemple, a été aperçu de celui du cap Béarn à une distance de 93 kilom.

On suppose, dans le calcul de la portée des phares, que l'observateur est placé sur les vergues, à 12 ou 15 mètres au-dessus du niveau de la mer pour les feux de premier ordre, à 10 mètres pour ceux de second ordre, à 5 mètres pour ceux de troisième ordre, et enfin à 3 mètres seulement pour les phares de quatrième ordre. Cela posé, si on appelle R le rayon de la terre, h la hauteur du feu au-dessus des grandes mers, et d la portée, on voit facilement que ces quantités sont liées par la relation $d^2 = h\,(2R+h)$, ou supprimant h, quantité infiniment petite par rapport à 2R, dans le second facteur, $d^2 = 2Rh$, d'où on tirerait $h = \frac{d^2}{2R.}$ Mais la réfraction atmosphérique augmente la portée dans le rapport de 84 à 100, de sorte que d étant donné, on obtient h par la formule $h = \frac{0{,}84\,d^2}{2R.}$

La lumière d'un bec quadruple, semblable à celui que nous avons décrit, équivaut à 17 becs de Carcel. Les grands panneaux de lentilles à échelons, de 1m,00 de hauteur et de 0m,76 de largeur, donnent des éclats qui, dans l'axe, équivalent à 4.000 becs de Carcel, ou à 24.000 bougies. Il serait matériellement impossible d'obtenir avec des miroirs de pareils résultats.

Administration, prix et statistique des phares. Quoique la France ne soit pas, à beaucoup près, la nation qui fréquente le plus l'Océan, c'est elle qui met le plus de soin à éclairer ses rivages pendant la nuit. Aucun peuple ne possède encore un système de phares aussi complet que le nôtre. Toutes les dépenses de ce service sont supportées par le trésor public, et aucune charge n'est imposée pour cet objet aux navigateurs. En Angleterre, au contraire, où le système d'éclairage est fort incomplet, on paie dans chaque port un droit pour les phares.

En vertu d'un décret du 7 mars 1806, le service des phares est confié, en France, aux ingénieurs des ponts et chaussées. Mais, comme il intéresse à un haut degré la navigation, le sous-secrétaire d'état des travaux publics a formé auprès de lui une commission des phares, composée d'ingénieurs, de marins, d'hydrographes, d'astronomes et de physiciens, appelée à donner son avis sur toutes les questions de cette nature. L'administration possède en outre, à Paris, un établissement, connu sous le nom d'Atelier central des Phares, où l'on monte et où l'on vérifie les appareils destinés aux départements, et où l'on fabrique même quelques lentilles. Un ingénieur dirige cet atelier.

L'éclairage des phares de la Méditerranée et celui des phares de l'Océan, depuis Bayonne jusqu'au Finistère, se fait par entreprise. Depuis Dunkerque jusqu'aux côtes du Nord, au contraire, les fournitures d'huile sont seulement mises en adjudication, et le reste du service se fait en régie. L'administration a l'intention d'appliquer à toutes nos côtes cette seconde méthode, beaucoup plus convenable que l'autre. Il est à désirer que cette amélioration soit bientôt réalisée.

Nous avions en France, à la fin de 1845, 123 phares ou fanaux sur les côtes de l'Océan, répartis dans dix-sept départements, et 30 sur la Méditerranée, dans huit départements. Ces établissements représentaient une valeur de 10.658.000 fr.

L'administration publie périodiquement un état descriptif des phares de nos côtes, et prévient longtemps à l'avance les navigateurs de tous les pays des changements qui doivent être apportés dans le système général d'éclairage.

Les verres employés à la fabrication des lentilles à échelons sont maintenant préparés à Choisy-le-Roi. Ils coûtent environ cinq francs le kilogramme. Le metre superficiel de panneaux de lentilles à échelons est payé 1.750 fr. Nous avons d'ailleurs réuni dans le tableau suivant les renseignements les plus importants sur les frais d'entretien, la consommation d'huile, la valeur, etc., des appareils dioptriques des différents ordres.

ORDRES DES APPAREILS.		Diamètre intérieur du tambour dioptrique.	Éclat maximum en becs de Carcel [1].	Portée répondant à l'élévat ordin. des feux [2].	Prix des appareils avec partie accessoire catoptrique [3].	Consommation d'huile par heure.	Dépense annuelle du service d'éclairage y compris divers entretiens.	Nombre de gardiens.	OBSERVATIONS.
		mètres.	Becs.	milles	francs.	gram.	francs.		
1er ORDRE	Feu fixe	1,84	450	20	24500	750	8000	3	[1] Ces indications d'éclat se rapportent, pour les phares des trois premiers ordres, à des miroirs placés aux parties inférieures et supérieures.
	Feu tournant. (8 grandes lentilles.	1,84	4000	28	30000				
	Feu tournant. (16 demi-lentilles.	1,84	2000	24	30000				
	Feu varié par des éclats	1,84	2800	24	33000				
2e ORD.	Feu fixe	1,40	200	16	16000	500	6000	2 à 3	[2] On ne doit pas confondre la portée avec la limite de visibilité.
	Feu tournant	1,40	1200	18	21000				
	Feu varié	1,40	1200	18	23500				
3e ORDRE	Grand modèle. (Feu fixe	1,00	65	14	8000	190	4000	2	[3] Non compris la lanterne.
	Grand modèle. (Feu varié	1,00	380	15	13000				
	Petit modèle. (Feu fixe	0,50	35	12	4000	120	3500	1 à 2	
	Petit modèle. (Feu varié	0,50	200	14	7000				
4e ORDRE	Grand modèle. (Feu fixe	0,375	20	10	2500	60	1200	1	
	Grand modèle. (Feu varié	0,375	120	12	5000				
	Petit modèle. (Feu fixe	0,30	10	9	1700	45	900	1	
	Petit modèle. (Feu varié	0,30	90	10	3600				

Digitized by Google

PHOSPHATES. On désigne sous ce nom les sels formés par l'acide phosphorique ; il y a des phosphates neutres, basiques ou acides. Dans les phosphates neutres, la quantité d'oxygène de la base est à la quantité d'oxygène de l'acide, comme 2 est à 5. Les phosphates sont indécomposables par la chaleur seule, à l'exception d'un très petit nombre; la plupart sont fusibles. Ils sont décomposés par l'acide borique à une température élevée, mais ils ne le sont pas par la silice, à moins qu'il n'y ait contact de charbon. Un grand nombre se changent en phosphures quand on les chauffe avec du charbon. Les phosphates neutres sont insolubles dans l'eau à l'exception des phosphates de potasse de soude et d'ammoniaque; mais la plupart se dissolvent dans un excès d'acide phosphorique. Les acides forts les dissolvent ou les transforment en phosphates acides. Beaucoup de phosphates acides sont cependant insolubles, lorsqu'ils ont été calcinés, même dans l'acide hydrochlorique. Préalablement desséchés, puis chauffés avec du potassium, les phosphates sont décomposés et laissent un résidu de phosphure de potassium qui, mis en contact avec l'eau, laisse dégager de l'hydrogène phosphoré, gaz spontanément inflammable. Les phosphates solubles donnent dans les dissolutions de baryte et de plomb un précipité blanc soluble dans l'acide nitrique en excès, ce qui ne permet pas de le confondre avec celui que donnent les sulfates ou l'acide sulfurique. Beaucoup de phosphates métalliques se trouvent dans le règne minéral. Les principaux phosphates sont les suivants :

PHOSPHATE DE SOUDE. Ce sel se prépare en décomposant une dissolution de bi-phosphate de chaux par un léger excès de carbonate de soude; il se précipite du phosphate neutre de chaux que l'on sépare par filtration; on concentre par évaporation la liqueur filtrée, et on la fait cristalliser en la laissant refroidir. Le phosphate de soude est fréquemment employé comme purgatif en médecine, et comme réactif dans les laboratoires de chimie.

PHOSPHATE D'AMMONIAQUE. Ce sel se prépare, soit directement, soit comme le précédent, avec cette différence que l'on remplace le carbonate de soude par du carbonate d'ammoniaque. Il est employé comme réactif, dans les laboratoires de chimie, pour doser la magnésie.

PHOSPHATE DOUBLE D'AMMONIAQUE ET DE SOUDE. Ce sel, plus connu sous le nom de *sel de phosphore*, et particulièrement employé dans les essais au chalumeau, se prépare en dissolvant 16 parties de sel ammoniac et 100 parties de phosphate de soude dans une très petite quantité d'eau, faisant bouillir, puis cristalliser par refroidissement.

PHOSPHORE. L'un des corps simples; il est solide, d'une densité = 1,77, fond à 43° C., se volatilise à 290°; à la température ordinaire, il répand dans l'air des fumées blanches, épaisses, lumineuses dans l'obscurité, et y brûle avec une flamme extrêmement vive et brillante, lorsqu'on le chauffe seulement jusqu'à son point de fusion. Récemment préparé, il est ordinairement incolore et transparent; dans quelques cas cependant, surtout lorsqu'il est refroidi brusquement, il devient gris et même complétement noir. Conservé quelque temps dans l'eau, de transparent et incolore qu'il était il se recouvre d'une pellicule blanche et opaque. Il se combine avec les métaux pour donner des composés beaucoup plus durs, et le plus souvent aigres et cassants, qui ont reçu le nom de *phosphures*. Il rougit très rapidement à l'air, et se recouvre d'une couche d'oxyde rouge de phosphore.

On obtient le phosphore en poudre en le fondant dans un ballon, sous l'eau, et agitant ensuite vivement le vase jusqu'à ce que le phosphore soit entièrement solidifié par suite du refroidissement progressif de l'eau ; en se servant d'alcool, au lieu d'eau, on obtient une poudre beaucoup plus fine.

Le phosphore est employé pour doser l'oxygène, dans les analyses eudiométriques, et, dans quelques cas, en médecine. Mais son principal débouché est la fabrication des briquets phosphoriques et surtout celle des allumettes à friction, dites *allumettes chimiques*, qui en consomme depuis quelques années une quantité considérable. Ces allumettes doivent leurs propriétés à des combinaisons de soufre et de phosphore qui sont très inflammables et très dangereuses à préparer, soit à sec, soit à l'eau ; mais en fondant le phosphore dans un mucilage de gomme, et y introduisant ensuite le soufre, la combinaison s'effectue sans le moindre danger.

Le phosphore se prépare au moyen des os calcinés ou plutôt grillés à blanc, qui se composent de carbonate et de phosphate de chaux ; on les pulvérise, on les délaie dans 2 parties d'eau de manière à former une bouillie claire dans laquelle on verse peu à peu, en agitant constamment, 75 p. 100 d'acide sulfurique à 66°; on laisse ensuite reposer pendant vingt-quatre heures à froid, ou moins, si on élève la température : il se dépose du sulfate de chaux et il se forme du phosphate acide de chaux soluble. On décante, on lave le résidu à l'eau chaude à plusieurs reprises; on évapore la liqueur jusqu'à consistance sirupeuse, on laisse refroidir et on reprend par l'eau froide, qui redissout seulement le phosphate acide de chaux et laisse la portion de sulfate qui s'était d'abord dissoute; après avoir décanté, on évapore de nouveau jusqu'à consistance de miel, on incorpore dans la masse le quart de son poids de charbon en poudre, on dessèche la masse et on la fait même rougir dans une chaudière en fonte. Lorsqu'on chauffe ce mélange au blanc, dans des cornues, l'acide phosphorique en sus de celui nécessaire pour constituer du phosphate neutre, est décomposé par le charbon, et le phosphore se dégage à l'état de vapeurs qui viennent se condenser dans des appareils convenablement disposés.

La température à laquelle on opère étant très élevée, on se sert de cornues en terre, lutées avec un mélange de terre franche et de crottin de cheval; on les fait complétement sécher, avant de s'en servir, et on répare avec soin les fissures qui pourraient s'être produites pendant la dessiccation.

Le mélange n'augmentant pas de volume, lorsqu'il a été bien desséché, on peut en remplir presque entièrement la panse de la cornue.

On emploie ordinairement, pour chauffer les cornues, un fourneau à alandier, construit en briques, alimenté avec du bois ou de la houille, et dans lequel on place 4 cornues de chaque côté; au col de chacune de ces cornues, on ajuste un tuyau de cuivre courbé, qui vient plonger dans un réservoir cylindrique aussi en cuivre, muni d'un couvercle auquel on adapte un tube droit pour le dégagement des gaz; on remplit à moitié chaque réservoir avec de l'eau chaude, sans quoi les premières vapeurs de phosphore qui passeraient à la distillation, se condenseraient sous la forme de poudre. On chauffe très graduellement le feu jusqu'au rouge blanc, et on le maintient à ce point tant qu'il distille du phosphore : on juge de la marche de l'opération par l'abondance du dégagement gazeux : l'opération est terminée lorsque tout dégagement a cessé. On trouve alors le phosphore en masses plus ou moins volumineuses au fond des vases; après avoir laissé refroidir l'eau, on le retire et, pour le purifier, on le met dans un nouet en peau de chamois, on plonge le nouet dans l'eau chaude et on le comprime avec la main, ou mieux avec une pince, ce qui permet d'employer de l'eau plus chaude ; le phosphore fond et passe à travers la peau, tandis que les matières étrangères, l'oxyde rouge de phosphore, etc., restent dans le nouet.

Digitized by Google

Pour convertir le phosphore en bâtons, forme sous laquelle il est ordinairement livré au commerce, on le fond dans l'eau et on y plonge des tubes de verre parfaitement droits, et légèrement coniques dans lesquels on le fait monter par succion; il faut opérer avec précaution et prendre bien garde d'aspirer au point de faire venir du phosphore dans la bouche, ce qui pourrait causer des accidents extrêmement graves; aussi a-t-on toujours soin que le phosphore soit toujours recouvert dans le tube, par une couche d'eau de 2 ou 3 centimètres; il convient aussi d'effiler le tube par le bout qui plonge dans le phosphore; le phosphore s'étant élevé dans le tube à la hauteur voulue, on ferme l'orifice supérieur du tube avec le bout de la langue, ou même avec le doigt s'il est effilé à son autre extrémité, on soulève le tube jusqu'à ce que l'orifice inférieur ne plonge plus que dans l'eau et on passe le doigt sous le tube, que l'on transporte dans l'eau froide; en renversant ensuite le tube, après solidification complète, le phosphore sort naturellement ou par la plus légère secousse. Il faut préalablement échauffer le tube en y aspirant, à deux ou trois reprises, de l'eau chaude, afin d'éviter le grave inconvénient d'avoir des bâtons de phosphore creux, dont l'emploi, dans certains cas, peut donner lieu à des accidents.

On coupe ensuite les bâtons de phosphore avec des ciseaux, en fragments de longueur convenable, et on les conserve sous l'eau, à l'abri de la lumière, dans des flacons à large goulot, en verre opaque ou recouvert de papier noir, en grès ou en métal.

ACIDE PHOSPHORIQUE. Cet acide, qui donne naissance aux phosphates, est la combinaison la plus importante du phosphore avec l'oxygène. On l'obtient anhydre par la combustion vive du phosphore dans l'air ou l'oxygène sec. Il est alors sous la forme de flocons blancs fortement déliquescents; une fois qu'il s'est formé de l'acide hydraté, on ne peut plus en séparer par l'action de la chaleur toute l'eau; il en retient encore 1 équivalent ou 25 p. 100 de son poids, après qu'il a été chauffé jusqu'à fusion; il est alors vitreux. C'est un acide énergique surtout à une température élevée parce qu'il peut la supporter sans se décomposer, ce que font seuls avec lui les acides silicique et borique. Il est réduit par le charbon, à la température rouge vif: c'est sur ce fait qu'est basée, comme nous l'avons vu, la préparation du phosphore.

PHOSPHURES. Les phosphures, combinaisons binaires du phosphore, ont l'éclat métallique; ils sont en général très fusibles; la plupart sont cassants; quelques-uns sont demi ductiles; la chaleur les ramène ordinairement à un minimum de phosphuration, PM^2, et en décompose totalement quelques-uns. L'acide nitrique, l'eau régale et le grillage les transforment en phosphates.

Ils sont très difficiles à préparer directement à cause de la grande inflammabilité et de la grande volatilité du phosphore. On en obtient beaucoup, soit en réduisant par le charbon les phosphates correspondants, soit en fondant au creuset brasqué, et au feu de forge, du métal en limailles ou de l'oxyde en poudre, avec 2 ou 3 fois son poids d'un mélange de 10 parties de phosphate de chaux, 5 p. de sable quarzeux, 5 p. de borax et 1 p. de charbon en poudre : le phosphate de chaux est réduit par le borax et la silice, au contact du charbon, et il se forme dans le creuset un phosphure recouvert par une scorie bien fusible, formée par un boro-silicate à base de chaux et de soude.

PHOTOGRAPHIE, DAGUERRÉOTYPIE. Il est peu de découvertes qui aient attiré plus vivement l'attention publique que celle par laquelle MM. *Niepce* et *Daguerre* parvinrent à fixer les images produites dans la chambre noire. Le gouvernement français ayant jugé convenable d'acheter aux inventeurs leurs procédés, et de les livrer à la publicité, il en est résulté que, bien que cet art nouveau compte à peine quelques années d'existence, il s'y est introduit d'immenses perfectionnements, et l'on est arrivé à des résultats que l'on n'osait pas même prévoir. Ainsi les épreuves du daguerréotype qui, dans le procédé primitif, exigeaient plusieurs minutes d'exposition dans la chambre noire, sont obtenues aujourd'hui en quelques secondes, grâce à l'emploi des substances accélératrices, ce qui a permis d'arriver à faire des portraits de la plus grande netteté, chose regardée dans l'origine, par les inventeurs eux-mêmes, comme une idée à peine réalisable. Enfin, les progrès actuels permettent de penser que l'on pourra bientôt substituer complétement le papier photogenique aux plaques métalliques, et que, dans un temps qui n'est peut-être pas bien éloigné, on arrivera à la solution du problème plus important encore de la reproduction de la nature avec toutes les couleurs.

Avant d'entrer dans aucun détail sur le daguerréotype, nous allons expliquer en quelques mots et d'une manière générale la théorie de cet instrument :

Si l'on prend une plaque d'argent ou de plaqué, bien décapée et polie, et qu'on la renverse sur une boite sur le fond de laquelle on a répandu de l'iode, corps qui, comme on le sait, quoique solide, est très volatil, elle se recouvre d'une couche tres mince d'iodure d'argent; lorsqu'on expose ensuite cette plaque, recouverte à sa surface d'une couche d'iodure d'argent, à l'action des rayons solaires, dans une chambre noire, l'iodure d'argent est modifié d'une maniere plus ou moins profonde sur les diverses parties de la plaque, suivant l'intensité plus ou moins grande des rayons lumineux. Là ou la lumière est plus vive, il y a production abondante de sous-iodure d'argent et émission d'iode repris par la plaque; là où doit apparaître une demi-teinte, la formation du sous-iodure est ralentie dans le même rapport que la diminution de la teinte elle-même; enfin, dans les ombres les plus noires, l'iodure d'argent n'est que très faiblement attaqué.

Lorsque cette action a été suffisamment prolongée, on retire la plaque de la chambre noire et on l'expose à la vapeur d'un bain de mercure modérément chauffé. Le mercure commence par réagir sur tout l'iodure d'argent qu'il rencontre sur la plaque. Nous venons de voir que cet iodure a été parfaitement conservé dans les noirs, mais les blancs en présentent aussi une certaine quantité, quoique beaucoup moindre; il est en effet dans les conditions d'une bonne épreuve, qu'il n'y ait pas été entierement décomposé. Par la réaction de l'iodure d'argent sur le mercure, il se produit du proto-iodure vert de mercure et de l'argent métallique; dans les blancs ou parties qui ont été plus éclairées, il y a en outre réaction subséquente entre le proto-iodure de mercure et le sous-iodure d'argent formé dans la chambre noire par l'action chimique des rayons lumineux, et il se produit du deuto-iodure rouge de mercure, tandis que l'argent et une partie du mercure se réduisent, s'amalgament entre eux, et se déposent sur la plaque, mais sans s'y amalgamer. De ce qui précède, il résulte que, au sortir de cette opération, la plaque s'offre à l'œil avec une apparence noire ou verdâtre dans les ombres, là où le proto-iodure de mercure n'a point été décomposé, tandis qu'elle est rosée, et même souvent d'un rouge-vif, dans les blancs les plus intenses qui sont recouverts de deuto-iodure de mercure.

On lave ensuite la plaque dans une dissolution d'hyposulfite de soude qui dissout le deuto iodure de mercure, et décompose le proto-iodure, en deuto-iodure qui se dissout et en mercure métallique très divisé qui reste sur la plaque. Il va sans dire que toutes les opérations qui suivent l'exposition de la plaque iodée dans la chambre noire doivent être faites le plus rapidement possible et hors de l'action des rayons solaires.

Digitized by Google

Ainsi donc, en résumé, les blancs sont produits par une poussière d'une grande ténuité d'amalgame d'argent simplement déposé sur la plaque, et ils sont d'un ton d'autant plus vif, que cette poussière est plus abondante et plus riche en argent; quant aux noirs, ils sont le résultat du bruni du métal ainsi que du dépôt d'argent métallique extrêmement divisé, mêlé mécaniquement à une très grande quantité de mercure provenant du lavage à l'hyposulfite. Telle est du moins l'explication qu'ont donnée MM. Choiselat et Ratel des phénomènes qui se passent dans la manipulation d'une épreuve photographique. D'autres personnes admettent une explication analogue, à cela près qu'elles supposent que dans le lavage, l'hyposulfite de soude enlève intégralement le proto-iodure et le deuto-iodure de mercure, de sorte que les noirs seraient seulement produits par le bruni de la plaque et le dépôt d'argent métallique extrêmement divisé; et même selon quelques-unes au bruni seul de la plaque.

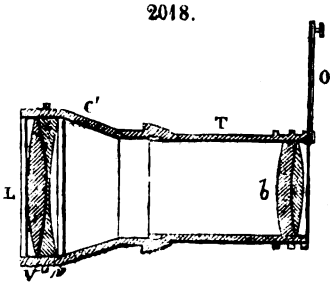
Quoi qu'il en soit nous pensons que les faits généraux que nous venons d'énoncer rapidement suffiront pour faire comprendre les détails dans lesquels nous allons entrer en nous occupant successivement des divers appareils et agents que l'on emploie actuellement dans la photographie, ainsi que de leur manipulation.

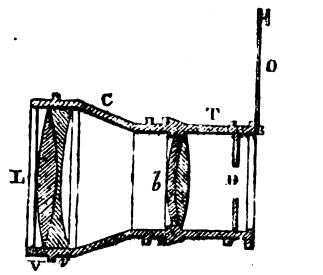
Chambre noire. La partie essentielle de la chambre noire du daguerréotype est sans contredit l'objectif; celui-ci doit être achromatique; enfin la théorie et l'expérience indiquent que la plus grande dimension doit au plus être égale à la moitié de la distance locale de cet objectif, et que le diamètre de l'ouverture qui admet les rayons lumineux doit être environ le septième de cette distance focale : ces règles s'appliquent surtout à la reproduction des appareils éloignés; si on veut les appliquer à des portraits, par exemple, en remplaçant la distance focale de la lentille par la distance au point correspondant à la position du modèle, on en conclura que l'on peut employer des objectifs à foyer d'autant plus court que l'objet à reproduire est plus rapproché; c'est aussi la règle que l'on suit. Enfin M. Ch. Chevalier introduisit dans la chambre noire une amélioration importante par la substitution d'un objectif composé à deux verres à l'objectif simple, précédemment employé. Dans tout objectif simple ou composé l'aberration de sphéricité sera d'autant plus prononcée, et le champ de l'image d'autant plus rétréci, que le foyer de l'objectif sera plus court; on sait également, d'une part, que l'on peut corriger en grande partie l'aberration de sphéricité par l'emploi d'un diaphragme qui donne par conséquent une image ayant plus de netteté et de vigueur, mais aussi exigeant une exposition à la chambre noire d'autant plus prolongée que l'ouverture du diaphragme sera plus retrécie, et, d'autre part, que l'intensité des rayons lumineux réfractés par une lentille est en raison inverse de sa longueur focale.

Lors donc qu'il s'agira de reproduire des sites, des paysages, des gravures, ou autres objets immobiles, il sera toujours préférable d'employer un objectif d'un foyer un peu long; pour les portraits, comme il est difficile d'obtenir une longue immobilité de la part des modèles, il faut avoir recours à des objectifs d'un plus court foyer : cependant on ne doit adopter ce moyen qu'avec réserve et dans certaines limites : il vaut mieux, dans ce cas, se servir de substances accélératrices.

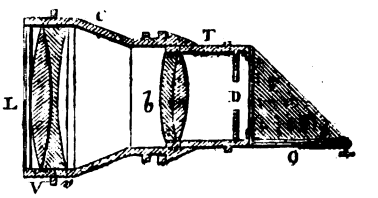
Les fig. 2018, 2019 et 2020, représentent l'objectif composé, à deux verres, de M. Ch. Chevalier. La première pièce C de l'objectif est conique, et porte à sa partie postérieure une lentille achromatique L; au sommet du cône, se trouve une seconde lentille également achromatique *b*, au-devant de laquelle est placé le diaphragme D; ce diaphragme est placé dans un tube T, vissé sur le cône, et portant à l'autre extrémité un obturateur O : cette disposition, indiquée dans la fig. 2019, est celle qui sert pour les objets éloignés. Quand on veut faire des portraits, il faut dévisser la lentille *b*, et visser à sa place le tube droit qui porte la lentille de rechange; le diaphragme peut alors être complétement supprimé comme l'indique la fig. 2018. Deux pas de vis sont tracés sur le cône, l'un V, sert à visser l'objectif à l'extérieur de la chambre noire, l'autre v, à le fixer à l'intérieur; cette disposition était nécessaire, car avec les foyers très courts, on ne peut approcher suffisamment la glace dépolie de la lentille L en vissant l'objectif à l'extérieur de la chambre noire. Lorsque l'on veut redresser les objets, on adapte au-devant de la lentille antérieure un prisme triangulaire rectangle P (fig. 2020), disposé de manière à ce qu'il y ait réflexion totale, sur l'hypothénuse; l'un des côtés du prisme est en face du diaphragme D, l'autre côté est muni d'un obturateur O, et enfin l'hypothénuse est étamée ou recouverte d'un enduit tel qu'il ne puisse arriver au travers de cette face aucun rayon lumineux dans la chambre noire. Dans le cas où on ne craindrait pas d'avoir de l'aberration de sphéricité sur les bords de la plaque, on retournerait l'objectif de manière à placer la lentille L en avant; cette inversion augmente l'intensité de la lumière, et l'on peut ainsi obtenir des portraits avec une grande rapidité, mais aussi, il faut le dire, avec beaucoup moins de netteté.

2018.



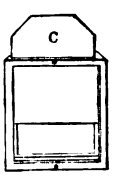


2019.



2020.

Généralement l'objectif est fixé d'une manière invariable à la chambre noire, et c'est un châssis intérieur, dans lequel s'adaptent le cadre à coulisse (figure 2021) et la glace dépolie avec le cadre à plaques, que l'on fait marcher au moyen d'un engrenage pour obtenir la mise au point. D'autres fois, au contraire, c'est l'objectif qui est mobile dans un fourreau et que l'on fait avancer ou reculer au moyen d'un mouvement de crémaillère.



2021.

Du choix des plaques et de leur polissage. Le prix élevé de plaques d'argent ne permet pas de les employer pour

Digitized by Google

recevoir les images photographiques ; on a donc recours à l'emploi de plaques en plaqué d'argent ; l'argent doit en être le plus pur possible et plaqué à une épaisseur suffisante pour résister aux polissages répétés qu'il devra subir. Les meilleures plaques se reconnaissent à leur blancheur et à la vivacité de leur éclat ; celles qui présentent des piqûres, des stries, etc., doivent être rejetées ; on rend la perception de ces défauts très sensible, en dirigeant son haleine sur la plaque de manière à en ternir le poli. Le défaut le plus grave que puisse présenter une plaque, serait la mise à nu du cuivre en quelques endroits de la couche d'argent, ce qui aurait pour résultat infaillible de produire des taches noires indélébiles sur l'épreuve photographique.

Pour polir les épreuves, on commence par placer la plaque à polir sur une petite planchette en bois (fig. 2022) de même dimension que la plaque : à deux de ses angles placés à l'extrémité d'une même diagonale, sont fixés deux petits mentonnets en cuivre *a*, *b*, percés d'une rainure très mince dans laquelle on engage les angles de la plaque. L'un de ces mentonnets est mobile dans une coulisse, et s'arrête au moyen d'une vis et d'un écrou qui permettent de fixer la plaque sur la planchette, et de la dégager à volonté ; enfin un petit tasseau placé sous la planchette permet de l'assujettir solidement, soit dans un étau, soit sur une table au moyen d'une petite presse en bois. M. Levret a imaginé dernièrement de remplacer la planchette en bois par une tablette en verre à glace, qui a l'avantage d'une propreté beaucoup plus grande ; il a remplacé en outre les mentonnets, dont il vient d'être fait mention, par deux rainures percées à angle droit dans toute l'épaisseur de la glace et dans lesquelles peuvent se mouvoir deux boulons à tête plate qui permettent d'assujettir toutes les dimensions de plaques.



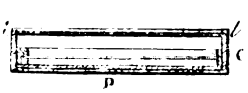
2022.

Comme matières destinées à obtenir le bruni mécanique de la plaque, on se sert de ponce et de tripoli obtenus en poudre très fine par lévigation, desséchés ensuite par une légère calcination, et que l'on conserve dans de petits bocaux en verre, fermés par une mousseline assez claire, que l'on place dans un endroit bien sec ; le décapage, destiné à assurer, autant que possible, la pureté chimique de l'argent qui doit recevoir l'image photographique s'obtient au moyen des huiles essentielles.

Le procédé de polissage le plus généralement employé est le suivant, qui est dû à MM. Belfied et Foucault : la plaque étant fixée sur la planchette à polir, on y verse deux ou trois gouttes d'essence de térébenthine ordinaire ; on ajoute un peu de ponce ou de tripoli et, avec un tampon de coton qui n'a pas besoin d'être neuf, on frotte en arrondissant et en décrivant une multitude de petits cercles très rapprochés, mais excentriques les uns aux autres, en ayant soin de parcourir toute la plaque. Au bout d'une minute environ, il se forme sur l'argent un cambouis noir, dont on enlève la plus grande partie en continuant de frotter en rond avec le même coton. On met alors sur la plaque un peu de ponce ou de tripoli sec et, avec un tampon neuf, on frotte de nouveau, toujours en arrondissant, jusqu'à ce que la surface de la plaque prenne un éclat vif et un bruni parfait. Arrivé à ce point, on verse sur la plaque trois ou quatre gouttes d'un mélange d'essence de térébenthine et d'alcool absolu, dans la proportion de $\frac{2}{3}$ parties d'alcool pour 3 d'essence ; on ajoute un peu de ponce ou de tripoli que l'on étend légèrement sur toute la plaque avec le dernier tampon, et on laisse sécher : en moins d'une minute la dessiccation est complète ; on prend alors un tampon neuf et on frotte la plaque dans une direction transversale à l'image qu'on veut obtenir, pour enlever la couche de ponce ou de tripoli : au bout de très peu de temps le bruni est parfait et la plaque prête à être soumise à l'iodage.

On peut supprimer, dans le polissage des plaques, l'emploi de l'alcool absolu, qu'il n'est pas facile de se procurer dans toutes les localités, en remplaçant l'essence de térébenthine par une huile essentielle beaucoup plus volatile telle que l'essence de lavande, l'essence de bergamotte, etc. ; on opère alors comme il a été dit précédemment, mais arrivé au point où il faudrait étendre sur la plaque un mélange d'essence et d'alcool absolu, on se contente d'y saupoudrer un peu de ponce ou de tripoli et de frotter vivement, mais légèrement et en arrondissant, avec un tampon de coton neuf ; enfin, pour rétablir le poli transversal, on donne un dernier coup en travers de la plaque avec le même coton et un peu d'amidon réduit en poudre très fine.

De l'iodage des plaques. L'iodage des plaques se fait très simplement, en exposant la plaque polie à l'action des vapeurs que répand l'iode à la température ordinaire. A cet effet, on a une boîte rectangulaire, entièrement doublée en verre, sur le fond F (fig. 2023) de laquelle on colle une feuille de papier ou de carton que l'on recouvre au pinceau d'une solution éthérée d'iode, ou sur lequel on colle de l'iode en grains avec de la gomme arabique. Les vapeurs d'iode sont reçues sur une feuille de carton, ou une planchette en verre revêtue de papier des deux côtés, et de là transmise à la plaque qu'il s'agit d'ioder et que l'on place sur les tasseaux *t*, *t*. Il convient de ne jamais renfermer la boîte à iode dans la chambre noire, même dans les daguerréotypes portatifs, qui s'imprégnent alors souvent d'une certaine quantité d'iode dont la présence fait manquer toutes les épreuves. Avant de procéder à l'iodage, il convient d'essuyer les bords et les parois de la boîte à iode avec un tampon de coton légèrement humecté d'hyposulfite de soude, et même quelquefois d'intercepter les vapeurs d'iode qui peuvent s'être accumulées sur les parois de la boîte au moyen d'un écran ou cadre convenablement découpé ; on parvient ainsi, avec quelques précautions et un peu d'habitude, à obtenir un iodage bien uniforme.



2023.

Pendant l'iodage, l'argent prend d'abord une légère teinte jaune-paille, puis devient successivement jaune-citron, jaune-d'or, jaune-orangé, jaune mêlé de rose, rose tendre, rose velouté, rose-rouge, rose-pourpre, rose violâtre, gorge de pigeon, bleu, bleu foncé et enfin vert foncé. Avec un iodage faible, on n'obtient que les teintes extrêmes, la vigueur dégénère souvent en sécheresse, et l'on s'expose à *solariser* les épreuves ; un iodage plus fort donne des tons plus riches, mieux fondus et plus moelleux ; du reste chaque nuance d'iodage est plus particulièrement appropriée à l'emploi de l'une des substances accélératrices dont nous parlerons ci-après.

Des substances accélératrices. L'emploi des substances accélératrices a été un progrès immense en photographie, en permettant d'opérer en quelques secondes et par tous les temps : c'est à ces substances que l'on doit la possibilité de faire les portraits ; nous allons passer en revue les plus importantes.

La première de ces substances est le chlorure d'iode, dont l'usage fut introduit par M. Claudet. On s'en sert ordinairement étendu d'eau ; on peut l'obtenir directement ainsi en faisant arriver du chlore gazeux dans de

Digitized by Google

l'eau contenant de l'iode en grains et s'arrêtant aussitôt que le liquide est devenu rouge ; on le conserve, ainsi que toutes les autres substances accélératrices, à l'abri de la lumière, dans un flacon bien bouché et recouvert de papier noir. On en verse 1 à 2 centimètres dans la cuvette à brômer, analogue à la boîte à ioder, selon qu'il est moins ou plus dilué, et on soumet la plaque convenablement iodée, à l'évaporation spontanée du chlorure d'iode jusqu'à ce qu'elle ait pris une belle couleur rose-rouge ; l'iodage préalable de la plaque doit avoir été poussé au jaune foncé, si le chlorure employé est d'un rouge clair, et seulement au jaune pâle, si la couleur rembrunie du chlorure y indiquait un excès d'iode.

Le chloro-brômure d'iode, employé plus récemment, se prépare de diverses manières : la plus simple, qui est due à M. le baron Gros, consiste à dissoudre 10 grammes de chlorure d'iode dans de l'eau, dans un flacon bien bouché, à laisser reposer, à filtrer, à ajouter trois gouttes de brôme pur et à agiter le mélange pour le rendre plus intime. La plaque doit avoir préalablement été iodée au jaune-paille, et elle doit être poussée au chlorure jusqu'au rose velouté et même suivant quelques personnes jusqu'au rose-pourpre.

Une substance beaucoup plus active que les précédentes est l'eau brômée que l'on prépare ordinairement en dissolvant 1 partie de brôme dans 2000 p. d'eau ; mais son emploi présente de grandes difficultés, en ce sens qu'il est impossible de constater, par l'examen de la plaque, sous peine d'obtenir une épreuve voilée, si elle a absorbé la quantité de brôme nécessaire.

Le brômure iodique est presque aussi sensible, sans offrir les mêmes inconvénients : le moyen le plus simple de le préparer, qui a été indiqué par M. de Valicourt, consiste à saturer du brôme avec de l'iode, en s'arrêtant aussitôt qu'il commence à se former un précipité, puis à l'étendre d'environ 200 fois son poids d'eau. Avec cette substance : une plaque iodée jaune foncé devra être brômée jusqu'au rose vif ; l'iodage rose devra se transformer en violet ; et l'iodage violet devra passer au bleu-vert intense.

M. Fortin a conseillé l'emploi du brômure iodeux, qui se prépare ainsi que le brômure iodique, en jetant de l'iode en grains dans du brôme pur, avec cette différence, qu'au lieu de s'arrêter lorsqu'il se précipite un corps ressemblant à de l'iode, mais qui n'est autre chose que du brômure iodeux, on continue d'ajouter de l'iode jusqu'à ce que toute la masse se soit solidifiée. Il n'y a pas d'inconvénient à ajouter un excès d'iode ; ce dernier, n'étant pas soluble dans l'eau saturée de brômure d'iode, se sépare aisément. On dissout le brômure obtenu dans 200 parties d'eau ; on s'en sert pour brômer les plaques au rose vif, mais sans leur avoir fait subir un iodage préalable. Il est moins sensible que le précédent, mais son emploi est très facile, et il donne de très belles épreuves.

Le chlore gazeux, le gaz acide chloreux, les vapeurs de brôme et de brômure d'iode, et enfin le brômoforme, ont été également essayés et préconisés comme substances accélératrices ; mais leur emploi offrant de grandes difficultés et exigeant une grande habitude, nous nous contenterons de les citer ici pour mémoire.

Avant de terminer ce paragraphe, nous dirons que l'action exercée des substances accélératrices tient à ce qu'elles augmentent plus ou moins la rapidité avec laquelle a lieu l'absorption de l'iode mis en liberté, dans la chambre noire, par l'action de la lumière sur l'iodure d'argent qui recouvre la plaque ; de sorte que ce sont les corps qui ont le plus d'affinité pour l'iode, qui offriront les substances accélératrices les plus énergiques.

De l'exposition à la chambre noire. Il faut, autant que possible, que l'exposition à la chambre noire ait lieu peu de temps après l'iodage et l'application des substances accélératrices, et jusqu'à ce moment la plaque doit soigneusement être tenue à l'abri de la lumière.

On commence par mettre rigoureusement au point, au moyen d'une glace dépolie que l'on place exactement dans le châssis que devra occuper la plaque, et en faisant mouvoir ce châssis ou l'objectif jusqu'à ce que l'on soit arrivé au point où l'image vient se peindre avec le maximum de netteté sur la glace dépolie ; on fixe le châssis ou l'objectif, on enlève la glace dépolie et on la remplace par le cadre à valet qui porte la plaque ; on ouvre ensuite avec précaution le volet à coulisse du cadre et l'obturateur qui masque l'objectif.

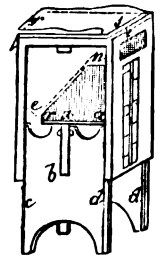
La durée de l'exposition de la plaque aux rayons lumineux doit varier depuis quelques secondes jusqu'à un quart d'heure et même plus, suivant l'état de l'atmosphère, l'intensité de la lumière, la dimension de l'objectif ou du diaphragme, par rapport à la distance locale, le plus ou moins de sensibilité des substances accélératrices que l'on emploie, etc. Cette durée doit, dans chaque cas, être déterminée par une expérience directe. On reconnaît que l'on a outrepassé le point convenable, lorsque l'épreuve est *solarisée*, c'est-à-dire que les clairs au lieu d'être blancs se trouvent noircis ; si, au contraire, l'exposition à la lumière solaire n'a pas été suffisamment prolongée, les contours sont vagues, mal terminés, et les parties claires sont seules apparentes.

Nous terminerons ce que nous avons à dire sur l'exposition à la chambre noire, en indiquant, d'après M. Charles Chevalier, les dispositions artistiques auxquelles il convient de se conformer pour réussir dans la reproduction des vues, des paysages et des objets d'art.

Pour reproduire un *monument*, il faut placer la chambre noire à une distance de l'édifice double ou triple de la hauteur de ce dernier, et, toutes les fois qu'il est possible, au niveau du centre de l'élévation. Lorsque le monument est blanc ou récemment construit, il faut préférer la lumière diffuse, à une lumière trop vive, qui produit presque toujours alors la solarisation des épreuves. Mais lorsque l'édifice a une couleur sombre, et surtout quand les détails sont d'une grande richesse, il faut, autant que possible, attendre le moment où le soleil l'éclaire horizontalement. Enfin, il faut éviter de réunir sur la même plaque des édifices neufs ou récrépis et de vieilles constructions, surtout quand ces dernières forment le sujet principal du tableau.

Le *paysage* doit être copié pendant un jour pur et calme, en se réglant pour la mise au point sur les plans antérieurs.

Les *groupes d'objets d'art* sont très faciles à reproduire ; ils doivent, autant que possible, être placés dans le même plan, et au-devant d'un fond qui les fasse ressortir par une opposition bien tranchée.



2024.

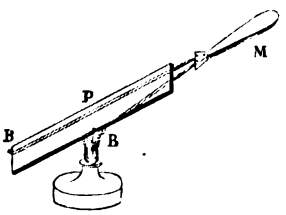
La reproduction des tableaux à l'huile est très difficile et délicate.

De l'exposition au mercure. Cette opération se fait immédiatement au sortir de la chambre noire. La figure 2024 représente la boîte à mercure perfectionnée de M. Lerebours : les planchettes *c d* sont à coulisses et servent de pieds à la boîte lorsqu'elles sont retirées, comme l'indique la figure ; elles sont maintenues dans cette position par le ressort *b* ; *m n*, est un thermomètre qui sert à apprécier la température, qui est ordinairement d'environ 50° ; *r s*, rideau noir qui sert à masquer la glace blanche *p q*, par laquelle on observe les progrès de l'épreuve ; *e*, position de la plaque dans la boîte, sous une inclinaison de 45° ; *u x a x*, glace en verre jaune contre laquelle on applique une bougie allumée

Digitized by Google

pour éclairer l'intérieur de la boîte. Le mercure est placé à la partie inférieure de la boîte, dans une capsule que l'on chauffe modérément avec une petite lampe à esprit-de-vin. Aussitôt que l'on juge, en regardant par la glace *p q*, que l'opération est terminée, on retire la plaque de la boîte, et on la lave à l'hyposulfite de soude.

Du lavage à l'hyposulfite de soude. Le lavage, qui a pour but d'enlever le composé altérable d'iode qui se trouve à la superficie de l'épreuve, se fait, en immergeant d'abord d'un seul coup la plaque dans l'eau pure, la plongeant ensuite dans une assiette où l'on a mis une solution d'hyposulfite; et agitant légèrement l'assiette pour faciliter la dissolution de l'iode; on termine en lavant à grande eau et faisant sécher. On lave les grandes plaques au moyen de bassines et d'un égouttoir, et toujours à chaud. Pour sécher rapidement la plaque, on la place sur une fourchette à deux branches B, B (figure 2025), terminées par un crochet et fixées dans un manche en bois M, puis on la promène, sous un angle de 30 à 40°, au-dessus d'une lampe à esprit-de-vin, en commençant par chauffer l'angle supérieur et en descendant successivement jusqu'au bas.



2025.

L'hyposulfite de soude se trouve facilement dans le commerce; on le prépare, d'ailleurs aisément, en mélangeant 10 parties de carbonate de soude bien desséché avec 3 p. de soufre en fleurs, chauffant le mélange jusqu'à fusion du soufre et le calcinant légèrement en l'agitant constamment; le sulfure de sodium qui s'était d'abord formé se transforme par le grillage en sulfite de soude; on reprend par l'eau, on filtre, on fait bouillir la liqueur avec un excès de fleurs de soufre, on filtre et on fait cristalliser. Au lieu d'une solution d'hyposulfite pur, M. de Brébisson conseille d'employer un mélange de : hyposulfite de soude, 4 parties; eau distillée, 40 p.; alcool à 36°, 15 p.; ou, plus simplement, hyposulfite 1 p.; eau 10 p.; alcool 4 p. L'alcool facilite le lavage et prévient les taches.

Du fixage des épreuves. La belle découverte du fixage des épreuves au chlorure d'or, due à M. Fizeau, a fait faire un progrès immense aux épreuves photographiques, en faisant disparaître leur miroitage, en leur donnant une vigueur remarquable et en les rendant beaucoup plus inaltérables par le frottement. Cette opération, très simple du reste, consiste à recouvrir l'épreuve d'une couche d'or très mince, qui, d'une part, brunit l'argent qui forme les noirs, les rend plus sensibles et en fait disparaître le miroitement; et qui, d'autre part, en s'alliant à l'amalgame d'argent qui forme les parties claires en augmente la solidité et l'éclat. Le lavage de l'épreuve ayant été fait avec soin, en l'humectant d'abord d'alcool, puis lavant successivement à l'eau et à l'hyposulfite, on place la plaque encore humide sur un chassis en fil de fer posé horizontalement, on verse dessus une quantité de la préparation d'or dont nous indiquons ci-après la composition, suffisante pour que la plaque en soit entièrement recouverte, et on chauffe en dessous avec une forte lampe à esprit-de-vin; l'épreuve s'éclaircit et prend, au bout d'une minute ou deux, une grande vigueur; quand l'effet est produit, on verse le liquide, on lave la plaque à grande eau et on fait sécher. La dissolution d'or employée ne peut servir qu'une fois; on la prépare, suivant M. Fizeau, en dissolvant, d'une part, 1 gramme de chlorure d'or dans 500 grammes d'eau pure, et de l'autre, 3 grammes d'hyposulfite de soude dans 500 grammes d'eau, puis versant peu à peu, et en agitant, la dissolution d'or dans celle de soude; M. Fizeau a donné une autre recette, dont les proportions un peu différentes sont : d'une part 1 gramme de chlorure d'or dans 800 grammes d'eau, et de l'autre 4 grammes d'hyposulfite de soude dans 200 grammes d'eau. En prenant l'une de ces préparations d'or, la concentrant par l'évaporation, et ajoutant de l'alcool, on en sépare un précipité blanc cristallin, très soluble dans l'eau, facile à conserver et dont la solution aqueuse possède, suivant MM. Fordas et Gélis, toutes les propriétés de la liqueur de M. Fizeau.

Au lieu de fixer les épreuves photographiques en les recouvrant d'une mince couche d'or, comme le fait M. Fizeau, on peut déposer à leur surface, par voie galvanique, une couche de cuivre excessivement mince, qui, en s'oxydant pendant le séchage, prend, suivant M. Page, une teinte que l'on peut faire varier à volonté : M. Page est même parvenu à obtenir ainsi des épreuves d'une belle couleur verte.

Des portraits photographiques. La réussite des portraits au daguerréotype ne date, comme nous l'avons dit, que de l'invention des objectifs à verres combinés et de l'emploi des substances accélératrices, qui permettent d'opérer en quelques secondes sans fatigue pour le modèle. Nous allons indiquer quelques-unes des règles à suivre pour obtenir de bons résultats.

Il faut éviter d'exposer le modèle à l'action directe du soleil, ce qui lui ferait éprouver une sorte de gêne qui se reproduirait sur l'épreuve, celle-ci est d'ailleurs d'un ton plus riche et plus moelleux lorsqu'elle est faite à l'ombre. La couleur des fonds ou tentures doit trancher avec celle des vêtements, sans faire une opposition trop forte avec le teint du modèle; ce dernier doit être placé sur un siége pesant et solide, la tête soutenue par un appuie-tête solidement fixé. La lumière devra arriver, autant que possible, horizontalement, afin que les yeux du modèle soient bien éclairés et qu'il n'y ait pas d'ombres portées sur la figure. La *mise au point* sera faite avec le plus grand soin. Enfin, il conviendra de redresser les images au moyen d'un prisme, comme il a été dit en parlant des objectifs, ce qui sera surtout indispensable s'il existe une différence quelconque dans les deux côtés du visage, ou si le modèle porte des décorations ou insignes qui ne se reproduisent pas d'une manière symétrique sur ses vêtements. Quant à la couleur des vêtements, le blanc éclatant et le noir mat, doivent être proscrits; les nuances foncées et surtout, pour les femmes, les étoffes écossaises, sont les plus favorables. Les portraits de trois-quarts sont beaucoup plus gracieux que ceux de face ou de profil.

Du reste, et avant toutes les règles que nous venons de poser, le daguerréotypeur en portraits doit posséder le sentiment artistique et la pureté de goût indispensables pour donner au modèle une pose naturelle et harmonieuse, pour disposer sur le même plan, des attributs ou objets d'art, etc.

Des panoramas photographiques. On doit à M. *Mertens* un nouveau perfectionnement qui permet de faire, avec un objectif très médiocre pour les dimensions et la qualité, des épreuves d'une grande étendue longitudinale et d'une netteté exquise : ainsi, avec un objectif de qualité ordinaire, on obtient des vues de $0^m,38$ de long sur $0^m,12$ de large, parfaitement nettes sur toute cette surface et embrassant un angle visuel de plus de 150°. Le procédé par lequel on arrive à ce résultat consiste : 1° dans un mouvement horizontal imprimé à l'objectif et qui lui fait parcourir successivement tous les points l'horizon; 2° dans la courbure que la feuille de plaqué est forcée de prendre au moyen d'arrêts que l'on dispose à volonté : on amène ainsi, à la surface de la plaque métallique, les foyers des objets les plus iné-

Digitized by Google

galement distants de cette plaque. La netteté remarquable des épreuves est due à une fente étroite verticale, ménagée au fond d'une espèce de boîte qui suit l'objectif dans son mouvement; cette fente ne laisse agir sur la couche sensible que les rayons centraux, c'est-à-dire ceux qui n'ont aucune aberration notable. Il est essentiel que la position de l'axe de rotation de l'objectif soit déterminée avec une exactitude parfaite, sans quoi les images des objets vers lesquels l'appareil se dirige successivement avant de s'éteindre et de faire place à celles qui leur succèdent se meuvent sur le verre dépoli, et, par conséquent aussi, sur la plaque; toute netteté est alors impossible. On obtient cette position convenable de l'axe par rapport à l'objectif, en enfonçant plus ou moins le tube qui porte celui-ci jusqu'à ce que la condition d'immobilité des images soit parfaitement remplie.

Copie des gravures par simple contact. On prend une plaque de doublé d'argent de même dimension que la gravure à reproduire. On la prépare comme il a été pour les épreuves à la chambre noire, et, aussitôt qu'elle a reçu la couche sensible, on y applique, dans l'obscurité, la gravure à reproduire, on place par dessus une feuille de verre bien plane, on expose le tout pendant quelques instants à la lumière diffuse ou au soleil, en faisant varier convenablement, suivant les cas, la durée de l'exposition; on reporte le tout dans l'obscurité, on enlève avec précaution le verre et la gravure, puis on passe l'épreuve au mercure, on la lave et on la fixe comme à l'ordinaire.

De la reproduction galvanique des épreuves photographiques. M. Ch. Chevalier ayant essayé de reproduire des épreuves photographiques par la GALVANOPLASTIE, a reconnu qu'avec quelques précautions, et sans endommager l'original, on pouvait obtenir des contre-épreuves parfaites; il faut avoir soin de mettre promptement ces dernières sous verre, sans quoi le cuivre s'oxyderait et perdrait tout son éclat. On peut également employer ce moyen pour obtenir des épreuves redressées, lorsque l'image primitive a été inversée, faute d'avoir employé un prisme rectangulaire ou un système de glaces paralleles inclinées à 45°.

On peut rendre ces contre-épreuves plus stables, les fixer pour ainsi dire, en les recouvrant par voie galvanique d'une couche d'or très mince. On peut également agir de même pour les épreuves ordinaires, au lieu d'employer le procédé indiqué par M. Fizeau.

De la gravure photographique. M. Fizeau, dont nous avons déjà parlé plus d'une fois dans cet article, est parvenu à transformer les épreuves photographiques en planches gravées susceptibles d'être soumises à l'impression en taille-douce. Nous extrairons ce qui suit, de ses publications les plus récentes sur les procédés qu'il emploie :

Le problème consistait, comme on le sait, à traiter les images daguerriennes par un agent qui creusât les parties noires sans altérer les parties blanches du dessin; en d'autres termes, qui attaquât l'argent en présence du mercure sans en altérer ce dernier. Un acide mixte, composé d'eau, d'acide nitrique, de nitrate de potasse et de sel marin, en certaines proportions, jouit précisément de cette propriété.

Lorsqu'on soumet une image daguerrienne, dont la surface est bien pure et a été décapée à l'aide d'une dissolution chaude et concentrée de potasse caustique et alcoolique, à l'action de cet acide, surtout à chaud, les parties blanches ne sont pas altérées, tandis que les parties noires sont attaquées avec formation de chlorure d'argent adhérent, dont la couche insoluble arrête bientôt l'action de l'acide. Une dissolution d'ammoniaque, employée alors, entraîne cette couche de chlorure d'argent et permet de soumettre de nouveau la planche à l'action du même acide, qui, agissant encore de la même manière, augmente la profondeur des parties noires. En opérant ainsi en plusieurs fois, on parvient à transformer la planche daguerrienne en une planche gravée dans une grande perfection, mais généralement de peu de profondeur; de sorte que les épreuves imprimées sur papier n'ont pas la vigueur convenable.

A cette première opération, il a donc été nécessaire d'en ajouter une seconde qui permît de creuser plus profondément les parties noires de l'image. Cette seconde opération consiste à dorer les parties saillantes, ou les blancs de la planche gravée, et à laisser l'argent à nu dans les creux, ce qui permet d'en augmenter la profondeur par l'action d'un simple dissolvant de l'argent. Pour obtenir ce résultat, la planche gravée peu profonde dont je viens de parler, est graissée avec une huile siccative, de l'huile de lin, puis essuyée à la manière des imprimeurs en taille-douce; de cette manière, l'huile reste dans les creux seulement, et y forme un vernis qui ne tarde pas à sécher. Dorant alors la planche par les procédés électro-chimiques, on voit l'or se déposer sur toute la surface de la planche, excepté dans les parties creuses protégées par le vernis d'huile de lin. Après ce dorage, l'huile de lin est enlevée par de la potasse caustique. Il résulte de là que la planche gravée a toutes ses parties saillantes protégées par une couche d'or; ses parties creuses, au contraire, présentent l'argent à nu. Il est dès lors facile, en traitant la planche par l'acide nitrique, d'attaquer ces parties creuses seulement, et d'en augmenter ainsi à volonté la profondeur.

Avant ce traitement par l'acide nitrique, la planche dorée est couverte par ce que les graveurs appellent un grain de résine, ce qui produit, dans le métal attaqué, ces nombreuses inégalités que l'on appelle grain de la gravure.

Il résulte de ces opérations principales que la planche daguerrienne est transformée en une planche gravée tout à fait semblable aux planches gravées à l'aquatinte, et dès lors pouvant, comme elles, fournir par l'impression un nombre considérable d'épreuves. Cependant l'argent étant un métal peu dur, le nombre des épreuves serait encore assez limité, si un moyen très simple ne permettait de soustraire la planche photographique à l'usure déterminée par le travail de l'impression. En effet, pour atteindre ce but, il suffit, avant de livrer la planche à l'imprimeur, de cuivrer sa surface par les procédés électro-chimiques; de cette manière, il est évident que la couche de cuivre supporte seule l'usure produite par le travail de l'ouvrier. Lorsque cette couche est altérée d'une manière notable, il est facile, à l'aide d'un acide faible, de la dissoudre en totalité sans altérer l'argent sur lequel elle repose; dès lors la planche peut être cuivrée de nouveau, et se trouve ainsi dans le même état que si elle n'avait pas supporté le travail de l'imprimeur.

La planche photographique gravée par ce procédé peut être reproduite par la GALVANOPLASTIE ou *électrotypie*, et donner ainsi une planche gravée en relief susceptible d'être tirée par les procédés de l'impression typographique.

Des papiers photogéniques.

La substitution des papiers photogéniques aux plaques de plaqué d'argent est un des buts vers lesquels doit tendre la photographie; sous ce rapport, d'immenses progrès ont déjà été faits : nous citerons comme exemple les magnifiques épreuves obtenues par M. Bayard, et qui laissent bien loin derrière elles tout ce qu'on a obtenu par les autres procédés; malheureusement M. Bayard n'ayant pas encore fait connaître sa manière d'opérer, nous serons obligés de nous contenter d'indiquer la manière de préparer et de

Digitized by Google

faire les autres papiers photogéniques et celle de s'en servir.

Papier calotype de M. Talbot. Ce papier est du papier glacé d'une texture bien égale que l'on lave sur une de ses faces, à l'aide d'un pinceau plat, avec une dissolution de 1 p. de nitrate d'argent dans 30 p. d'eau distillée, on fait sécher dans l'obscurité, on le trempe ensuite pendant une à deux minutes dans une dissolution de 1 p. d'iodure de potassium dans 16 p. d'eau, puis on le plonge dans un vase plein d'eau et on laisse sécher spontanément. Ce papier est inaltérable dans l'obscurité et doit avoir une teinte bien égale d'un rose très pâle. Quand on veut obtenir une épreuve, on prépare une liqueur par le mélange, à volume égal, d'une solution aqueuse et saturée d'acide gallique et d'une solution de 1 p. de nitrate d'argent dans 10 p. d'eau distillée à laquelle on a ajouté 1/6e de son volume d'acide acétique concentré, on prend ce mélange avec un pinceau et on l'étend sur le papier ioduré, on laisse reposer une demi minute, on lave à l'eau dont on absorbe ensuite la plus grande partie avec du papier brouillard, et on fait sécher dans l'obscurité à une chaleur douce. On peut placer ce papier encore humide dans la chambre noire en remplaçant la planchette par une ardoise sur laquelle l'humidité qu'il renferme le fait adhérer. La durée de l'exposition varie de 5 secondes à 2 minutes, suivant les cas. On fait ensuite paraître l'image en la lavant de nouveau avec la dissolution ci-dessus de gallo-nitrate d'argent, et exposant à la chaleur d'un feu doux ou appuyant le revers du papier sur une bouteille pleine d'eau bouillante. On s'arrête dès que l'image est suffisamment formée, puis on la fixe en la trempant d'abord dans l'eau, l'essorant avec du papier brouillard, la lavant avec une solution de 1 p. de brômure de potassium dans 40 à 50 p. d'eau, lavant de nouveau à l'eau pure, puis séchant définitivement.

On obtient par ce moyen une épreuve *négative*, c'est-à-dire dans laquelle les parties blanches des objets sont representées en noir, et réciproquement; on s'en sert toujours pour reproduire des épreuves positives et redressées en appliquant l'epreuve négative sur une feuille de papier photogénique, les plaçant sur une planchette, les recouvrant d'une glace, puis exposant le tout à la lumière jusqu'à ce que la seconde épreuve soit formée, ce qu'on vérifie en soulevant un des angles du papier. On augmente préalablement la transparence de l'épreuve négative en la pénétrant, à l'aide de la chaleur, de cire vierge que l'on applique sur le revers du papier. Pour les contre-épreuves, M. Talbot recommande un papier préparé en le plongeant dans une dissolution de 1 p. de sel marin dans 20 p. d'eau, essorant à l'aide de papier brouillard, puis le recouvrant successivement au pinceau de deux couches d'une solution de 1 p. de nitrate d'argent dans 5 p. d'eau distillée; il cite également un autre papier préparé comme le précédent, en remplaçant la dissolution de sel marin par une solution de 1 p. de brômure de potassium dans 5 p. d'eau. Les épreuves obtenues sur ces papiers se fixent comme celles formées sur le papier calotype.

Papier cyanotype de M. Hunt. On prend du papier glacé qu'on trempe dans une solution de 1 p. de nitrate d'argent dans 15 p. d'eau distillée; on le fait sécher promptement, on le plonge de nouveau dans la même solution, puis on le place, pendant une minute environ, après qu'il a été desséché, dans une solution de 1 p. d'iodure de potassium dans 90 p. d'eau; on l'étend ensuite sur un carton uni, on le lave doucement en faisant couler dessus de l'eau pure, on le fait sécher dans l'obscurité, on le plonge dans une solution de 1 p. de cyano-ferrure de potassium ou prussiate de potasse dans 15 p. d'eau, et on sèche dans l'obscurité. Sec, ce papier est insensible, on lui rend toute sa sensibilité en le lavant avec un peu d'eau froide; on prend alors une image, puis on rend le papier parfaitement insensible en le plongeant dans la solution d'iodure de potassium. On obtient ainsi une épreuve négative, qui peut servir à tirer des épreuves positives par les procédés indiqués dans le paragraphe précédent.

Autre papier photogénique de M. Hunt. On prend du papier glacé que l'on lave successivement au pinceau, deux fois avec une solution de 1 p. de brômure de potassium dans 16 p. d'eau, et une fois avec une solution de 1 p. de nitrate d'argent dans 4 p. d'eau, en faisant sécher rapidement après chaque lavage. Quand on veut employer ce papier, on le lave de nouveau avec la solution de nitrate, on le place encore humide dans la chambre noire; enfin on l'expose aux vapeurs mercurielles et on lave à l'eau et à l'hyposulfite de soude, absolument de la même manière que les épreuves sur plaqué d'argent. On obtient ainsi une épreuve négative avec laquelle il est facile de produire des épreuves positives très belles, en suivant l'un des procédés indiqués précédemment.

Papier chrysotype de M. Herschell. Ce papier se prépare en lavant le papier avec une dissolution de 1 p. d'ammonio-citrate de fer dans 9 p. d'eau, et faisant sécher; après l'exposition à la chambre noire, on fait paraître l'image en lavant le papier avec une solution aqueuse de nitrate d'argent, et on la fixe avec l'hyposulfite de soude. Ce papier est précieux pour obtenir la contre-épreuve des images négatives.

De la photo-lithographie.

La photo-lithographie est l'art de fixer sur des pierres lithographiques, preparées avec des substances sensibles, d'une manière analogue aux papiers photogéniques, les images photographiques obtenues par l'action des rayons solaires, agissant à travers l'épaisseur d'une feuille de papier posée sur la pierre et mise en contact avec elle au moyen d'une vitre ou d'une glace sans tain. La feuille, ainsi disposée, peut être une estampe, un dessin ou une page de texte, mais il est indispensable que cette feuille ne soit imprimée, dessinée ou écrite que d'un seul côté; sans cela l'image produite est double et confuse, parce que les deux faces de la feuille se contre-épreuvent en même temps. Il convient d'observer: 1° que le papier du modèle doit être très mince, afin que l'action de la lumière soit atténuée le moins possible; 2° que les traits de la gravure ou du dessin que l'on veut copier aient assez de force et de couleur pour pouvoir préserver les substances photographiques du contact des rayons lumineux. Enfin, comme l'a fait remarquer M. Tissier, la solution du problème consiste dans l'emploi d'une substance neutre en lithographie et active en photographie, et d'agents lithographiques dissous dans un liquide qui ne puisse enlever ou déplacer la substance neutre préalablement déposée sur la pierre. Il sera alors facile d'obtenir une épreuve positive ou négative, en passant sur la pierre, soit une couche d'encre grasse, soit une couche d'une substance antipathique aux corps gras, un acide étendu par exemple. P. DEBETTE.

PIERRE. On donne le nom générique de pierres à la plupart des matériaux de construction tirés du règne minéral. Nous en avons parlé avec détail aux articles ARDOISE, MAÇONNERIE, PAVAGE, ROUTES, etc. Les pierres gypseuses, ou *pierres à plâtre*, donnent par la cuisson une matière plastique, le PLATRE, qui fait l'objet d'un article séparé. Les pierres calcaires ou *pierres à chaux*, donnent dans les mêmes circonstances, la CHAUX qui fait la base de nos MORTIERS; certains calcaires argileux ou des mélanges artificiels correspondants traités de même donnent les *chaux* ou *ciments hydrauliques*; enfin la calcination des argiles produit

Digitized by Google

des *pouzzolanes artificielles* en tout comparables aux meilleures pouzzolanes naturelles.

Nous résumerons les principales propriétés des principales pierres dans le tableau suivant :

NATURE DE LA PIERRE.	CARACTÈRES.	USAGES.	PRINCIPAUX GISEMENTS.	POIDS du mètre cube.
				kilogr.
1° *Gypse*, pierre à plâtre.	Se laisse rayer par l'ongle, donne du plâtre par calcination.	Fabrication du plâtre.	Environs de Paris. . .	2100
2° *Pierres calcaires*. . .	Font effervescence très vive avec les acides.			
Craie.	Friable, blanche.	Fabrication de la chaux grasse, et peinture en détrempe.	Champagne.	1468
			Meudon.	2000
Tufs calcaires. . . .	Caverneux.	Constructions.	Touraine.	1300
			Travertin de Rome. . .	2358
Calcaire grossier. . .	Texture grossière avec coquilles.	Fabrication de la chaux et constructions.	Bassin de Paris. . . .	2300
Calcaire compacte. .	Texture compacte.	Constructions, marbres communs, pierres lithographiques.	Château-Landon, Belgique.	2400
Marbre.	Texture saccharoïde.	Décoration.	Pyrénées, Italie. . . .	2700
3° *Pierres siliceuses*. . .	Étincellent sans le briquet.			
Silex pyromaque. . .	Cassure conchoïde.	Constructions, pierres à fusil.	Seine-et-Oise.	2400
Pierre meulière. . .	Texture caverneuse.	Constructions, meules de moulins.	Seine-et-Oise, Seine-et-Marne.	2400
Granite.	Très dur, cristallin.	Construction, dallage, décoration.	Normandie, Bretagne. .	2800
Porphyre.	*Idem*.	Décoration.	Vosges, Pyrénées. . .	2850
Grès.	Grains agglomérés par un ciment argileux ou calcaire.	Constructions, pavage, dallage.	Fontainebleau.	2800
4° *Pierres volcaniques*. .	Font feu au briquet.			
Lave.	Texture demi-poreuse.	Constructions.	Volvic.	2250
Trachyte.	Très dur, compacte.	Constructions, dallage.	Bords du Rhin. . . .	2800
Trapps, basaltes. . .	Très durs, de couleur foncée.	Pavage, bornes.	Cantal, Puy-de-Dôme, Écosse.	3000
Tufs volcaniques. . .	Très poreux.	Constructions.	Environs de Naples. . .	1260
5° *Ardoises*.	Peu dures, schisteuses.	Couvertures.	Angers.	2800
			Ardennes.	2937

Les *pierres à faulx* se fabriquent surtout en Normandie avec des grès houillers que l'on pulvérise et dont on forme une pâte que l'on moule et que l'on cuit comme la poterie de grès.

Les *pierres à l'eau* sont des schistes argileux plus ou moins durs et à grains plus ou moins fins, que l'on emploie pour donner le fil à des instruments tranchants.

La *pierre du Levant* ou *pierre à l'huile* est une chaux carbonatée dure, très compacte et à grain très fin, d'une teinte jaune pâle, qui sert à affûter la coutellerie fine.

L'*égrisée*, employée pour polir et travailler les pierres gemmes les plus dures, est de la poussière de diamant.

L'*émeri*, qui sert également à la taille des pierres dures, est un corindon impur (voyez SAPHIR).

Le *tripoli* est une espèce de tuf siliceux, très léger et feuilleté, que l'on emploie pour le polissage des glaces, des métaux, etc.

Les *pierres à détacher* sont des marnes argileuses qui ont la propriété d'enlever les corps gras, comme l'huile et la graisse, des tissus de laine où ils ont pénétré.

Les *pierres à fusil*, dont l'importance est actuellement pour ainsi dire entièrement annulée par la substitution générale des armes à feu à piston aux armes à pierre, s'obtiennent en débitant au marteau les silex pyromaques, immédiatement au sortir de la carrière; ces pierres se taillent alors facilement; mais elles perdent cette propriété si on les laisse quelque temps exposées à l'air sans les tailler : un seul ouvrier peut fabriquer par jour mille pierres à fusil.

PIERRE (CARTON). On désigne sous ce nom une PATE MOULÉE de composition variable, dans la fabrication de laquelle on fait toujours entrer de la pâte à papier et une forte quantité de matières minérales telles que du calcaire pulvérisé, etc.

PIERRES ARTIFICIELLES. Voyez PLATRE et POTERIE.

PIERRE DE TOUCHE. Voyez ESSAI.

PIERRE-PONCE. Cette pierre dont l'origine est volcanique, est légère, poreuse, âpre au toucher et très dure, ce qui la fait fréquemment employer pour polir ou unir le bois, l'ivoire, les métaux, etc.

PIERRES PRÉCIEUSES. Voyez GEMMES et LAPIDAIRE.

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES. Voyez VERRE.

PIEUX, PILOTS. Voyez CHOC.

PIGNON. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

PILE GALVANIQUE. Voyez ÉLECTRICITÉ.

PIMENT. Voyez POIVRE.

PIN, SAPIN. Le pin et le sapin sont les bois résineux les plus répandus. Ils fournissent des bois de construction à bas prix et estimés; leurs cônes servent au chauffage, et on retire de leurs troncs, par incision, de la térébenthine, des résines, etc.

PINCEAUX. Nous avons décrit à l'article BROSSE la

Digitized by Google

manière dont se confectionnent les pinceaux grossiers ou brosses en poils de sanglier, qui sont employés dans la peinture en bâtiments; il nous reste à dire quelques mots sur la fabrication des pinceaux fins que l'on fait en poils de la queue des martes, blaireaux, etc. On dégraisse d'abord les poils en lavant les queues dans une dissolution d'alun, puis les laissant dégorger dans l'eau; on les couche dans la même direction, on les laisse sécher, on les coupe au ras de la peau, et on les range en différents tas suivant la différente longueur des poils. On pose ensuite ces tas, la pointe en haut, dans un petit godet en fer-blanc à fond plat; on frappe sur le fond du godet, les poils se rangent parallèlement les uns aux autres, et on les classe de nouveau, avec beaucoup de soin, en tas, de manière à ce que tous ceux d'un même tas aient exactement la même longueur, parce que la perfection du pinceau dépend de cette condition.

On prend la quantité de poils nécessaire pour un pinceau, et on la met dans un godet, la pointe en bas, puis on les range par une légère secousse; on les réunit par une ligature faite avec du fil fin, et on les lie ensuite par un fil plus gros, en serrant fortement les nœuds. Enfin, après avoir coupé de niveau les poils de la brosse qui excèdent les ligatures, on les introduit par le haut d'un tuyau de plume d'oie ou de cygne, taillé en bec de flûte, l'autre bout étant coupé droit en une partie dont le diamètre est moindre, et on pousse le pinceau jusqu'à ce que les poils viennent faire une saillie suffisante en avant du bout coupé droit; on a soin de faire amollir préalablement la plume dans l'eau pour qu'elle ne se fende pas.

Les pinceaux plats, dits *palettes* ou *queues de morue*, se fabriquent à peu près de même; seulement on étend les poils à plat et on les colle entre deux cartes; on les adapte ensuite à des manches de forme variable, suivant l'usage auquel ils sont destinés.

PIPE. L'usage de fumer le tabac est actuellement si répandu, surtout en Europe, que la fabrication des pipes constitue une industrie d'une grande importance. Les pipes communes se font en terre cuite, et rentrent dans la classe des faïences fines; nous décrirons cette fabrication à l'article POTERIE. Dans quelques pays, et surtout en Allemagne, on se sert beaucoup de pipes en porcelaine. On fait aussi des pipes en argent, en fer peint, en bois, etc., dont le fourneau est doublé intérieurement en terre de pipe; on y adapte un tuyau en roseau ou en bois odoriférant, qui est ordinairement réuni à un bout en corne ou en ambre jaune par un tuyau flexible, que l'on obtient en entourant un cylindre d'un fil de fer fin, dont les circonvolutions se touchent, aplatissant le fil au marteau, de manière à boucher les petits vides intermédiaires, puis habillant le tuyau ainsi obtenu avec un tissu composé de fils de gomme élastique et de soie.

Les pipes les plus estimées se font en ÉCUME DE MER, hydro-silicate de magnésie, dont le plus estimé se trouve en Anatolie. On façonne et on moule cette matière à peu près comme la terre à pipe ordinaire; on fait sécher au soleil, puis on chauffe dans un four jusqu'au rouge-cerise; enfin, on fait bouillir les pipes dans du lait, on les sèche de nouveau et on les polit avec de la peau.

PIPETTE. La pipette est un instrument dont on se sert surtout dans les laboratoires, mais qui est quelquefois employé dans d'autres cas, comme, par exemple, lorsqu'on veut prendre une petite quantité d'un liquide renfermé dans un tonneau sans le mettre en perce. La pipette la plus simple et la plus usitée se compose d'un tube en verre effilé à ses deux extrémités; on plonge l'une de ses extrémités dans le liquide, on fait monter au besoin ce dernier dans le corps de la pipette en aspirant par l'extrémité supérieure, on bouche cette extrémité avec le doigt, et, lorsqu'on enlève la pipette, le liquide y reste par suite de la pression atmosphérique qui s'exerce sur l'extrémité inférieure; on le fait écouler en enlevant le doigt. A l'article ESSAI, nous avons donné les dessins d'une pipette analogue.

PISÉ. A l'article MAÇONNERIE, on a vu que, sous le nom général de *maçonnerie*, on comprend tous les travaux qui se font pour la construction des édifices, et dans lesquels entrent les pierres naturelles et artificielles, mises en œuvre avec des mortiers ou du sable. Par extension, on donne ce nom à une construction dans laquelle la pierre et le mortier sont remplacés par de la terre : c'est ce que l'on appelle la *maçonnerie en pisé* ou simplement *pisé*.

Ce mode de construction, très employé dans le midi de la France, surtout dans les départements de l'Ain, du Rhône, de l'Isère, etc., meriterait d'être répandu dans toutes les localités où l'on fait des constructions en bois; car, comme nous le verrons plus loin, les constructions en pisé sont de beaucoup préférables à celles en bois.

Les constructions en pisé étaient connues des anciens. Pline nous dit que ce mode de construction était employé au temps d'Annibal (liv. 35, chap. 14).

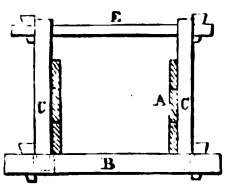
Toutes les terres, qui ne sont ni trop grasses ni trop maigres, conviennent pour les constructions en pisé. La terre la plus convenable est la terre à briques.

La terre sablonneuse qui n'a pas de liant ne peut être employée. En ajoutant du lait de chaux à de la terre un peu maigre, on a un mélange préférable à la terre à briques.

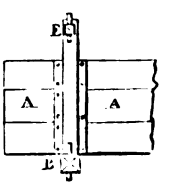
Pour préparer la terre, on la fait passer à travers une claie, qui retient les parties de la grosseur d'une noix; on l'humecte avec de l'eau, puis on la malaxe comme la terre à briques. On reconnaît qu'elle a été suffisamment travaillée, lorsqu'en en prenant une poignée, et la jetant sur le tas, elle garde la forme qu'on lui a donnée. On empêche les fissures ou le danger de les voir se produire, en mêlant à la terre, lorsqu'on la pétrit, de la paille ou du foin.

Il y a deux manières de faire les murs en pisé. La première, et la plus simple, consiste à poser la terre dans l'emplacement du mur, et à dresser le mieux possible les parements avec une fourche ordinaire.

La seconde, plus parfaite, exige un appareil spécial. Cet appareil (fig. 2026 et 2027) se compose d'un encaissement formé par deux tables en bois de sapin A, A, appelées *banches*; ces banches se posent sur quatre traverses B,B. Chaque traverse porte deux mortaises dans lesquelles viennent se loger les tenons des poteaux ou aiguilles C, C, réunis à leur partie supérieure par la traverse EE. Les coins D, D, servent à faire avancer ou reculer les aiguilles dans les mortaises des traverses, et par suite à rapprocher ou à éloigner les banches.



2026.



2027.

On laisse à l'intérieur des banches un espace égal à la plus grande épaisseur du mur; puis, comme cette épaisseur diminue à mesure que le mur s'élève, on peut, comme nous l'avons déjà dit, rapprocher les banches, et par suite les aiguilles, au moyen des coins D, D

Les banches ont de 3m,30 à 3m,40 de long sur 0m,25 de hauteur, les aiguilles ont 1m,40, les traverses 1m,15

Digitized by Google

sur 0m,40, les coins 0m,40 de haut, 0m,03 en bas et 0m,20 en haut.

L'appareil étant monté comme nous venons de le dire, les aides apportent la terre préparée ; ils l'étalent avec leurs pieds et en forment une couche de 0m,40 d'épaisseur. Ils la battent ensuite avec un *pisoir* jusqu'à ce que son épaisseur soit réduite de moitié. Le pisoir est une masse de bois de 0m,27 de haut. On le fait en bois dur et liant comme du frêne. La partie méplate est la plus essentielle; elle doit être bien lisse, bien unie, et disposée de manière à pouvoir atteindre dans toutes les parties de l'encaissement.

Le pisoir doit être tourné à chaque coup, de manière à croiser les effets de la pression et les traces qu'il imprime sur la couche de terre, et à la masser également dans toute son étendue. Dans quelques localités, le pisoir a la forme d'un cône tronqué.

Quand la première couche a été comprimée, des aides apportent de nouveau de la terre et font une nouvelle couche. On répète ainsi cette opération jusqu'à ce que les banches soient remplies ; c'est ce que l'on appelle *faire une banchée*. Une fois arrivé à ce point, on desserre les coins, on enlève les aiguilles, on retire les traverses, et on remonte l'appareil sur la partie qu'on vient d'achever. On opère ainsi par rangs de niveau, et les parties d'un même rang se joignent suivant un joint incliné.

Pour former la première banchée, quand on commence un mur, on met une planche à l'extrémité de l'encaissement ; l'autre extrémité se termine par un talus. Les angles se font avec plus de soin que le reste du mur ; il faut pilonner le pisé avec plus de soin. On place alternativement à chaque assise les banches tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Si l'on veut qu'un mur en pisé ait de la durée, il faut le recouvrir d'un enduit de mortier ou de lait de chaux, afin de le mettre a l'abri de la pluie. Mais avant de mettre cet enduit, il faut s'assurer qu'il est bien sec à l'intérieur ; car, s'il en était autrement, cette humidité en s'échappant se porterait à la surface et détacherait l'enduit.

Il ne faut pas craindre de laisser sécher le pisé ; plus il sera sec, et mieux l'enduit s'y fixera.

Dans le département du Rhône, un mur de 0m,54 à 0m,60 d'épaisseur, fini au commencement de mai, est tout à fait sec à la fin de septembre ou au commencement d'octobre ; ceux achevés en juillet et août peuvent encore être enduits avant l'hiver. On comprend, du reste, que la durée de la dessiccation doit varier avec les différentes localités ; on ne peut donc rien dire à cet égard.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que le pisé ne peut servir à faire des constructions considérables : cependant Rondelet (*Art de Bâtir*, tome II) cite un château du département de l'Ain tout bâti en pisé. Dans les localités où on l'emploie, il sert surtout pour faire les murs de clôture et des maisons de peu d'importance, peu élevées et surtout peu chargées.

Pour les murs de clôture, on les recouvre par un toit en chaume chargé par un chaperon en terre qu'on renouvelle à mesure qu'il se détruit. En outre, si l'on veut que le mur ait de la durée, il faut faire sa fondation en maçonnerie, afin que l'humidité ne vienne pas détruire la cohésion de la terre.

Pour les maisons, on fait également les fondations en maçonnerie ; de plus, les jambages et les linteaux des portes et des fenêtres se font quelquefois en bois, en pierre ou en briques. Dans quelques endroits, on a fait les angles avec de la pierre de taille ; mais cette construction est vicieuse, car il en résulte des tassements inégaux nuisibles à la durée des constructions. On augmenterait considérablement la solidité des murs, en mettant des lattes horizontales dans leur épaisseur.

Le pisé bien préparé, et recouvert convenablement d'un enduit, donne des constructions qui, avec le temps, deviennent très solides. Rondelet dit que, pour faire des trous dans un mur en pisé, on a été forcé d'employer des marteaux à pointes et à taillants. Les constructions en pisé mettent à l'abri du chaud et du froid, ne laissent aucun passage aux animaux nuisibles ; enfin, elles sont à l'abri de l'humidité. On voit donc que ce mode de construction pourrait être employé avec succès dans l'architecture rurale, partie si intéressante et pourtant si méprisée par nos architectes. A. C.

PISTOLET. Voyez ARMES A FEU.

PISTON. Voyez MACHINE A VAPEUR et POMPE.

PITON. Anneau de fer ayant une queue ou tenon à vis ou pointu, et qui sert, étant forgé, à recevoir l'anse d'un cadenas, le bout d'un crochet ou d'une tringle, etc...

PITTACAL. Produit découvert dans le goudron de bois par Reichenbach. N'a jusqu'ici aucun emploi.

PIVOT. On désigne sous ce nom les axes verticaux animés d'un mouvement de rotation sur eux-mêmes ; ils portent à la partie inférieure sur des crapaudines, que l'on place ordinairement sur un levier que l'on peut élever ou abaisser au besoin, à l'aide d'une vis ou de tout autre mécanisme, soit afin de pouvoir remédier à l'usure du pivot ou de la crapaudine, et par suite à l'abaissement de tout le système, soit afin de satisfaire aux exigences du travail à produire, comme dans les meules de moulin.

PLANS INCLINÉS, *pour chemins de fer et canaux*. Le plan incliné qui se trouve défini suffisamment par son nom même, est un des plus employés parmi les appareils, qu'en mécanique l'on désigne sous le nom de machines simples. Nous le voyons mettre en usage tous les jours pour faire monter ou descendre les fardeaux les plus lourds, les matériaux employés aux constructions. Mais c'est aux chemins de fer et aux canaux qu'on en a fait les plus importantes applications.

Sur un nombre considérable de chemins de fer, en effet, soit en Europe, soit en Amérique, les plans inclinés ont été employés pour franchir à peu de frais des pentes considérables. Leur emploi permet, comme il est facile de le concevoir, de se dispenser des travaux les plus coûteux, tels que les viaducs, les tranchées profondes et les tunnels qui, pour une proportion presque insignifiante de la longueur totale d'un chemin, absorbent une partie notable de la dépense générale. C'est donc surtout dans les contrées où la population peu nombreuse occupe cependant une grande étendue de territoire que l'emploi des plans inclinés a dû trouver ses plus fréquentes applications, et c'est en effet dans les États-Unis d'Amérique qu'on en voit les plus fréquents exemples.

Dans la plupart des cas, la remorque des trains qui se présentent pour franchir un plan incliné se fait, au moyen d'une machine à vapeur, établie au sommet du plan, et qui, par une transmission de mouvement, fait marcher un tambour horizontal ou vertical autour duquel s'enroule une corde à laquelle est attaché le train montant. Lorsqu'un train doit descendre, au lieu de monter, on l'attache à la corde de la même manière, mais comme le poids du train aurait pour effet d'accélérer le mouvement d'une manière dangereuse, on le modère au moyen d'un frein qui agit sur le tambour, et souvent pour plus de précaution, on fait agir aussi les freins dont sont munis quelques-uns des wagons.

Dans les chemins de fer à deux voies on emploie souvent deux tambours, et l'on dispose les cordes autour de ces tambours, de telle sorte que l'une monte lorsque l'autre descend ; on combine aussi, autant que possible, le mouvement ascensionnel d'un train avec la descente d'un autre, ce qui rend la descente plus facile. Dans quelques plans inclinés, et notamment au grand plan du chemin de fer de Liverpool à Manchester, on n'a qu'une

Digitized by Google

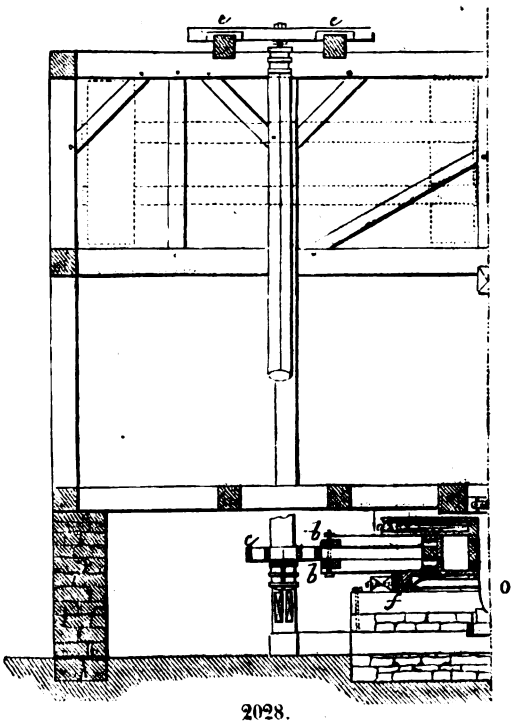
seule corde sans fin s'enroulant autour des deux tambours.

Lorsque l'inclinaison d'un plan incliné n'est pas assez forte pour que les wagons descendent par leur propre poids, on dispose, au bas du plan incliné, une poulie de renvoi autour de laquelle passe une lourde corde dont une extrémité s'attache à l'avant du convoi descendant, et l'autre à l'arrière du convoi montant; de cette manière, lorsque le convoi montant commence à se mouvoir il entraîne aussi le convoi descendant.

La limite jusqu'à laquelle les trains peuvent être remorqués sur une rampe par une locomotive, dépend non seulement de la roideur de cette rampe, mais aussi de sa longueur. Ainsi lorsqu'une rampe n'a qu'une étendue peu considérable, des expériences récentes ont montré qu'on peut la porter jusqu'à 20 et même 25 millimètres par mètre sans avoir recours à des machines fixes pour remorquer les trains. Mais il est bien entendu qu'alors la vitesse est nécessairement très modérée. On en voit un exemple sur le chemin de fer de Birmingham à Glocester; les trains sont remorqués par une locomotive sur une rampe de 27 millimètres, et de 4 kilomètres d'étendue environ, avec une vitesse de 20 à 25 kilomètres à l'heure. Comme on peut toujours se maintenir au-dessous de ces limites, l'emploi des locomotives à six roues couplées pour la traction sur les fortes rampes est toujours plus économique que celui de machines fixes, d'autant plus que dans ce dernier cas on est tenu, par suite de la nécessité d'obtenir les alignements droits nécessaires au jeu des câbles, à des dépenses de terrassements beaucoup plus considérables que dans le premier cas, où la faible vitesse des convois et l'absence de câbles permet, en général, de réduire de beaucoup l'inclinaison de la rampe en contournant les inégalités du sol. D'après l'état actuel de la locomotion, le service des fortes rampes par des locomotives présente (économie sur les travaux d'art comprises) une économie de 25 p. 100 au moins sur le remorquage, au moyen de plans inclinés desservis par des machines fixes. Aussi les ingénieurs allemands qui construisent en ce moment un grand nombre de chemins à fortes pentes (15 à 20 millim. par mètre) ont-ils donné exclusivement la préférence aux locomotives, pour tous les chemins actuellement en construction ou en projet.

Cependant, dans quelques localités, lorsque le transport ne s'effectue que dans un sens, en descendant, et qu'on rencontre des pentes de beaucoup supérieures à 1/30e, il convient d'employer des plans inclinés automoteurs tout à fait analogues à ceux usités dans les mines. Comme exemple de ce cas, nous citerons les dispositions ingénieuses au moyen desquelles on fait monter ou descendre les trains sur le chemin de fer de Pottsville à Sunbury (État de Pensylvanie).

Ce chemin est destiné spécialement au transport des charbons dont le mouvement a lieu de la montagne appelée Broad Mountain, vers le Schuylkill. Les plans inclinés y sont au nombre de six. Les quatre premiers vont en descendant de la montagne au Schuylkill, et, par conséquent, la plus grande difficulté consiste à régler et à modifier la vitesse des trains chargés de charbon, qui descendent ces plans, dont l'inclinaison est considérable (elle varie de 1/8 à 1/4). Chacun d'eux est munie d'une chaîne sans fin s'enroulant dans la gorge de deux roues placées l'une en haut et l'autre en bas du plan. Chacune des deux roues est formée de deux plateaux en fonte reliés par des boulons et séparés par une couronne en bois de chêne. Elles sont placées l'une et l'autre dans une cavité en maçonnerie recouverte d'un plancher, sur lequel passe le chemin de fer. L'arbre *o*, de la roue *a* (fig 2028), placée en haut du plan porte, vers son extrémité inférieure, une autre roue en fonte *f*, contre le rebord de laquelle vient frotter un frein en bois. Ce frein est manœuvré par un homme placé au haut du plan, au moyen d'un levier fixé à l'extrémité supérieure de l'axe qui porte la roue du frein. L'action de ce frein suffit pour régulariser le mouvement des wagons sur les deux plans qui sont le moins inclinés; pour les deux autres on a dû, en outre du frein, établir un régulateur à éventail. Entre la roue *a*, dont la gorge porte la chaîne, et celle *f* contre laquelle vient frotter le frein, on a établi une grande roue dentée en fonte *bb*, qui engrène avec deux roues plus petites *cc*, fixées chacune à un arbre vertical d'une longueur assez considérable et portant à son sommet deux éventails superposés *ee*. L'action de ces éventails régularise presque instantanément le mouvement des wagons qui arrivent au bas du plan avec une vitesse presque nulle; on fait descendre ainsi quatre wagons à la fois.



2028.

Les objets à remonter sont ordinairement remorqués, soit par le poids des wagons qui descendent le plan, soit au moyen de wagons chargés de pierres que l'on remonte à leur tour lorsque les trains de charbon descendent.

Pour les plans inclinés que le charbon doit remonter on a eu recours au moyen suivant :

Un réservoir a été établi au sommet de chacun d'eux, et l'on remplit ces réservoirs avec l'eau de deux sources que l'on a détournées à cet effet. Cette eau sert à remplir des caisses en tôle contenant 4 mètres cubes environ, et portées sur des trains suspendus. On attache à la chaîne sans fin un certain nombre de ces caisses, d'une part et de l'autre, les wagons de charbon que l'on veut remonter; lorsque les caisses sont arrivées au bas du plan on les vide et on les remonte à leur tour.

Digitized by Google

L'un des deux plans que le charbon est obligé de remonter présente un profil courbe; cette forme a été adoptée pour éviter des travaux d'excavation très considérables dans le rocher. Il est muni à son sommet d'une machine à vapeur à haute pression de la force de 90 chevaux. La remorque des wagons se fait au moyen d'une corde qui s'enroule autour d'un tambour horizontal mis en mouvement par la machine à vapeur; on régularise le mouvement du tambour au moyen d'un frein que l'on fait agir avec un treuil. L'inclinaison moyenne du plan est de 1/5e environ.

Sur certains canaux des États-Unis on a aussi employé les plans inclinés au lieu d'écluses pour raccorder entr'eux les biefs successifs lorsque la différence de niveau à racheter est considérable. C'est ce qui a eu lieu sur le canal Morris, qui met en communication la Delaware avec l'Hudson, un peu au-dessous de New-York. Ce canal offre une pente et une contre-pente totale de 510 mètres, dont 440 mètres sont rachetés par vingt-trois plans inclinés, et le reste par des écluses. L'inclinaison de ces plans inclinés varie de 1/10e à 1/12e.

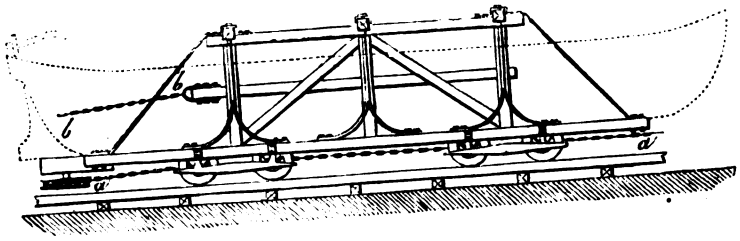
Les bateaux arrivés au pied ou au sommet de chaque plan sont hissés et amarrés sur des chars qui servent à opérer la descente ou la remonte des bateaux. Voici le mécanisme le plus remarquable employé sur ces plans inclinés : chaque plan présente deux voies de fer dont chacune est précédée immédiatement d'un sas en bois contenant, l'un le bateau qui monte, l'autre le bateau qui descend. Néanmoins il n'est pas indispensable que la descente d'un bateau soit combinée avec l'ascension d'un autre; dans le cas où il n'y en a qu'un seul à faire monter ou descendre, les deux chars sont toujours mis en mouvement afin qu'il y en ait toujours un en haut et l'autre en bas du plan.

Une roue à augets placée latéralement à l'un des sas fait mouvoir, par un système d'engrenages, une roue à gorge, en fonte, dont l'axe vertical se trouve sous la cloison qui sépare les deux sas. Une forte chaîne en fer fixée par les deux extrémités à une poutre horizontale qui traverse la charpente des deux sas, s'enroule d'une part, autour de la roue en fonte dont nous venons de parler; et de l'autre autour de deux petites roues également en fonte placées à l'arrière des chars qui portent les bateaux, de sorte que si le char situé dans l'un des sas descend, la chaîne qui s'allonge de son côté pour se prêter au mouvement diminue d'autant de l'autre côté et fait monter le char qui arrive au sas voisin.

Afin de pousser dans l'eau le char descendant lorsqu'il est arrivé au bas du plan incliné, et pour lui faire parcourir la longueur du sas lui-même, on a fixé au bas du plan incliné et dans l'eau une poulie autour de laquelle vient s'enrouler une seconde chaîne fixée par chacune de ses extrémités à une traverse placée au-dessus du train du char. On voit alors que lorsque le char ascendant est tiré par la chaîne principale, l'autre chaîne tire également le char descendant, et le fait en premier lieu sortir du sas, puis lorsqu'il est arrivé au bas du plan, elle le fait entrer dans l'eau.

La chaîne principale et la chaîne accessoire sont soutenues sur le plan incliné par deux séries de poulies. La fig. 2029 donne l'élévation d'un bateau placé sur le char; *aa* et *bb* sont les deux chaînes.

La manœuvre des portes du sas se fait d'une manière très ingénieuse et dure à peine une minute. Le temps nécessaire pour la remonte d'un char portant un bateau de charbon, est de onze à douze minutes, sur le plus long des plans inclinés qui a 30 mètres de hauteur et 335 mètres de longueur horizontale. Il faut, en outre, trois minutes pour lancer le bateau dans le bief supérieur; c'est donc en tout un quart d'heure pour le passage d'un bief dans l'autre.



2029.

Lorsque le bateau que l'on veut remonter est arrivé au bas du plan incliné, on le construit sur le char qui se trouve couvert d'eau, mais dont l'emplacement se reconnaît par les montants verticaux qui le surmontent de chaque côté. On fixe le bateau sur le char au moyen d'une corde que l'on amarre au bordage du bateau, d'un côté, et que l'on fixe de l'autre à l'un des deux montants du milieu du char; lorsque celui-ci est un peu soulevé, le poids du bateau le rend immobile sur le char; chaque bateau porte de 25 à 30 tonnes de charbon, c'est beaucoup moins que la charge des bateaux sur la plupart des canaux; mais sur le canal Morris, on était limité par la force motrice dont on pouvait disposer pour faire monter aux bateaux les plans inclinés. On avait à craindre en outre que les flancs de ces bateaux ne fussent pas en état de supporter une plus lourde charge lorsque celle-ci ne se trouve plus contre-balancer par la pression de l'eau. Mais sur des lignes de navigation où le mouvement n'est pas très actif et où d'ailleurs la nature des objets que l'on transporte permet de diviser les chargements, l'emploi des plans inclinés est avantageux surtout lorsque les différences de niveau à franchir sont considérables. E. CHEVALIER.

PLANCHE. Voyez SCIERIE.

PLANCHETTE. Voyez LEVÉ DES PLANS.

PLANE. Sorte de couteau à deux manches très employé par les tonneliers, les charrons, etc. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, fig. 1731, page 2603.

PLAQUÉ ET ORFÈVRERIE. Dans cet article nous ne nous occuperons pas seulement du plaqué, nous traiterons la question générale de l'orfèvrerie sous toutes ses faces et dans toutes ses applications; le plaqué n'en est qu'un cas particulier. Selon un usage trop fréquent dans la langue française, on entend par le mot *orfèvrerie* deux choses distinctes : un art tout entier, celui de la fabrication de tous les objets en or, et en même temps les produits de cette fabrication. Les Anglais et les Allemands ont eu soin d'introduire cette distinction dans le langage. On dit, pour désigner l'art, en allemand, *goldarbeiter kunst* : en anglais, *goldsmith's trade*; et pour désigner les objets fabriqués, en allemand, *goldschmidsarbeit* : en anglais, *goldsmith's ware*. Une autre confusion a également été faite relativement à l'emploi du mot orfèvre que l'on applique indistinctement au fabricant et au débitant. Enfin le mot orfèvre, dont l'étymologie latine, *auri faber*, signifie seulement fabricant d'objets en or, est le nom générique que l'on

Digitized by Google

donne à quiconque travaille les métaux précieux, l'or, l'argent et le platine, mais surtout l'or et l'argent.

Cette généralité de l'expression, cette diversité de significations nous conduisent à traiter, sous le même titre, un grand nombre de divisions et de subdivisions existant dans une industrie ou plutôt un art dont les moyens d'exécution sont aussi variés que les produits. Rejetant tout ce qui est relatif à la partie commerciale de notre sujet, nous considérerons seulement quatre professions dans l'orfèvrerie.

1° L'*orfèvre proprement dit* est celui qui entreprend la fabrication de la vaisselle, des couverts, des ornements de table ou d'église, des coffrets, des coupes et de tous les gros ouvrages qui servent à l'ameublement, qui sont appliqués *à la décoration des habitations ou des édifices*. On a assez improprement nommé autrefois le fabricant de ces objets *orfèvre grossier*, à cause de la grandeur des pièces qu'il confectionne; cette appellation ne signifiait nullement que ses ouvrages étaient grossièrement exécutés, car ils avaient la délicatesse, le goût et le fini qui ont fait la réputation des œuvres plutôt artistiques qu'industrielles des illustres orfèvres dont la France s'honore avec tant de raison.

2° L'*orfèvre-bijoutier* fabrique tous les bijoux d'or, tels que bracelets, anneaux, colliers, broches, poignées d'épée, tabatières, tous les bijoux en or appliqués plus spécialement à la *décoration des personnes*, même lorsqu'ils sont enrichis de pierres précieuses ou de diamants, lorsqu'ils sont émaillés ou non émaillés.

3° Si l'orfèvre-bijoutier n'emploie pas nécessairement les pierres précieuses dans la confection des objets qui sortent de ses mains, il n'en est pas de même de l'*orfèvre-joaillier*, qui a surtout pour habitude de faire ressortir les vifs reflets, les brillants jets de lumière des pierres taillées par le lapidaire, en les disposant sur ces ornements aux formes si gracieuses et si légères qui parent les têtes et brillent sur les corsages des femmes; ils font ces bouquets, ces couronnes de fleurs, ces grappes de fruits où les tiges sont de l'or et de l'argent, les pétales des brillants, les fruits des saphirs ou des rubis. Ajoutons seulement que dans les ouvrages de bijouterie, on enchâsse plus souvent les pierres de couleur, et dans les ouvrages de joaillerie les diamants et les pierres incolores ou très légèrement colorées.

4° Par suite de l'extension donnée au mot orfèvrerie, on dit aussi bien *orfèvrerie de cuivre* et *orfèvrerie de plaqué* que *orfèvrerie d'or et d'argent*. Le plaqué et l'orfèvrerie de cuivre sont une imitation de l'orfèvrerie proprement dite; nous nous en occuperons en dernier lieu sous le titre d'*orfèvrerie d'imitation*.

Nous allons passer successivement en revue chacune de ces quatre professions, en commençant par la joaillerie dont les moyens d'exécution sont, industriellement parlant, plus simples que ceux de la bijouterie ou de l'orfèvrerie proprement dite, mais qui appelle à son aide toute la fantaisie et tout le goût de l'artiste. Auparavant, nous nous ferons un devoir de faire connaître que nous n'aurions pas pu remplir la tâche que nous avions acceptée, de faire l'article ORFÈVRERIE dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, si nous n'avions été aidé par les excellents renseignements et les complaisantes explications qu'ont bien voulu nous donner M. Rouvenat et les chefs des ateliers de joaillerie et de bijouterie de l'important établissement qu'il dirige conjointement avec son parent, M. Christofle, et si, d'un autre côté, notre ami, M. Daly, directeur de la *Revue générale de l'architecture*, ne nous avait secouru de ses lumières pour la question d'art.

SECTION I. — DE LA JOAILLERIE.

L'art du joaillier, en tant qu'art distinct, était inconnu des anciens. Jusqu'à l'année 1745, époque du perfectionnement de la taille du diamant, l'orfèvre enchâssait bien les pierres précieuses dans l'or ou l'argent, mais il ne s'agissait, le plus souvent, que de bagues d'évêques, d'objets servant au culte, etc. Agnès Sorel et Anne de Bretagne furent les deux premières femmes qui, en France, se parèrent de pierreries. Sous Louis XIV seulement, la joaillerie acquit une certaine perfection, et les joailliers, sous le nom de *metteurs en œuvre*, furent, sous Louis XV, considérés comme artistes et admis à la jouissance de quelques priviléges. Aujourd'hui, quoique en Angleterre et en Russie on monte assez bien le diamant, la France a presque conquis le monopole de la joaillerie. La légèreté, la grâce et le bon goût des joyaux français les font préférer dans tous les pays du monde aux joyaux mis en œuvre ailleurs que dans notre pays. Nul ouvrier ne possède la science du dessin, un goût développé, une grande dextérité de main, au même point que l'ouvrier français et surtout l'ouvrier parisien.

On conçoit qu'il soit difficile d'expliquer avec précision une industrie qui n'admet pas de règles invariables, où le goût et la fantaisie de l'ouvrier donnent particulièrement du mérite à l'ouvrage. Ces diadèmes, ces guirlandes, ces bouquets légers où la grâce de la forme lutte avec l'éclat des diamants, ne sauraient être créés selon une formule rigide, ne sauraient sortir d'un moule, d'une matrice, d'une machine. La main capricieuse de l'homme doit incessamment intervenir pour modifier, changer, corriger les formes du modèle primitif. Cependant, même dans la fabrication des joyaux les plus différents, il se rencontre des opérations toujours identiques qui sont comme les points de repère auxquels se mesure la marche de l'ouvrier; ce sont ces opérations que nous allons décrire en prenant pour exemple la confection d'une coiffure, telle que le *chignon* représenté en grandeur (fig. 2030).

Ce dessin au trait est celui qui est donné au joaillier; les feuilles, les grappes, la rose, qui s'y trouvent tracées, doivent être faites séparément et ensuite assemblées. Le joaillier décalque à part les feuilles telles que A (fig. 2031), les culots de gland tels que B et C (fig. 2032 et 2033), les grappes telles que D (figure 2034), etc. Les feuilles et les grappes ne doivent pas être fabriquées de la même manière. Les feuilles qui doivent recevoir de petits brillants sont faites avec du *plané;* les grappes, les pendants, les boutons, etc., sont faits avec de la charnière.

Occupons-nous d'abord des feuilles, des parties faites avec du *plané*.

L'ouvrier prend une feuille d'argent laminé à épaisseur convenable, la polit avec de la ponce, la fait chauffer, puis y applique facilement une légère couche de cire blanche. Il décalque alors avec du papier végétal en les plaçant à l'envers, pour qu'ils viennent dans le sens, les dessins d'une feuille A (fig. 2031), ou bien des culots B ou C (fig. 2032 et 2033). Cela fait, il fixe les dessins en enlevant la cire avec une pointe, et ensuite, avec une scie à main très fine, il découpe la feuille dans la lame d'argent.

Quelquefois, lorsqu'il s'agit par exemple d'une broche où se trouve un nœud, le joaillier doit avoir soin de décalquer sur la lame d'argent le double (au moins) du ruban tracé sur le dessin primitif, en le développant en sens contraire, afin qu'il puisse être plus tard renoué et contourné selon la forme qu'il est désirable de lui donner.

Cette première opération du découpé terminée, le joaillier soude avec la soudure d'argent ou quart (voir au mot BIJOUTIER-JOAILLIER) une doublure, c'est-à-dire une mince feuille d'or au titre de 12 karats (500 millièmes). Cette doublure est destinée à relever l'éclat du dessous du joyau, car l'or est susceptible de recevoir un brillant, et il revêt la forme d'arêtes vives et éclatantes qu'on ne saurait donner à l'argent.

Digitized by Google

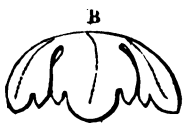
Le joaillier mouvemente alors la pièce de manière à lui faire prendre la forme la plus naturelle, la plus gracieuse, et à la fois la plus propre à faire valoir le jeu des brillants qu'elle recevra bientôt. Cette opération se fait pour

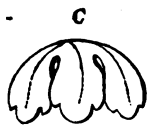


2031.

les parties les plus concaves ou les plus convexes, en donnant

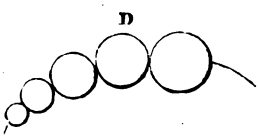
2032.





2033.

un ou plusieurs coups de *bouterolle* sur la pièce placée sur

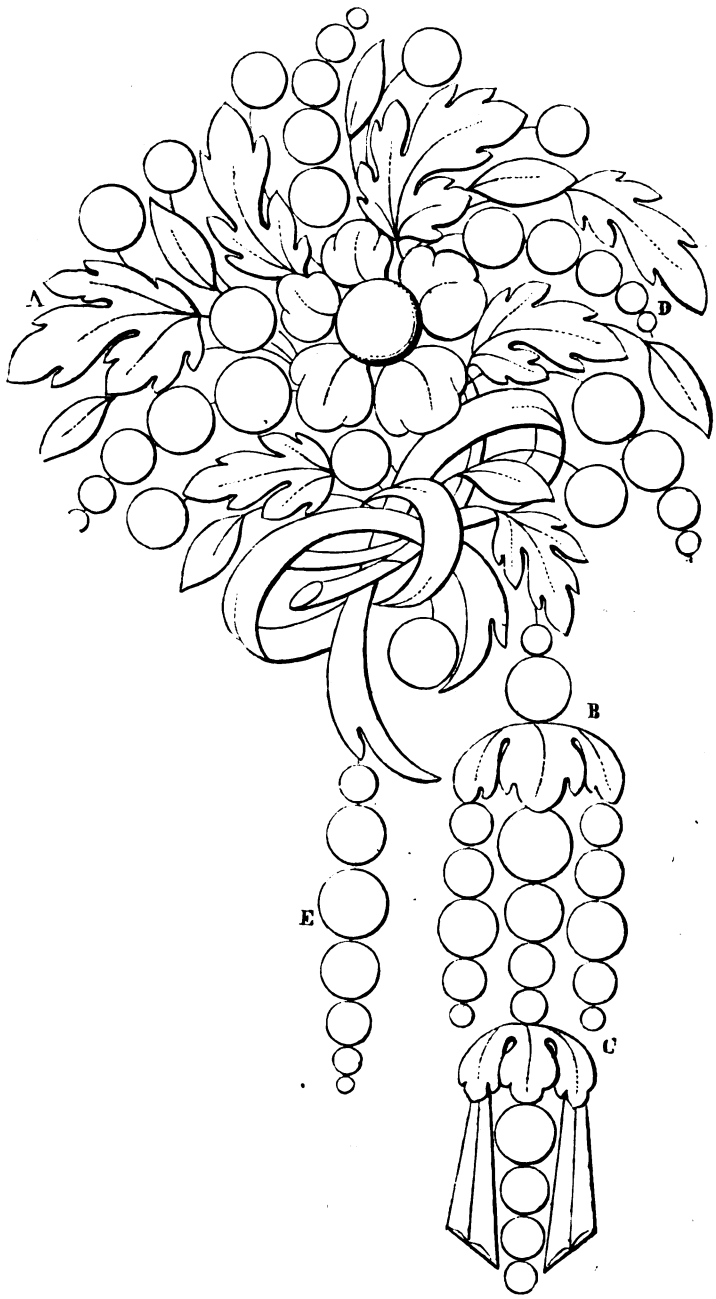


2034.

le trou le plus convenable du *dé à emboutir*.

Le dé à emboutir est un bloc de bronze (fig. 2035) de forme rectiligne, dont chacune des faces a 0m,068 de côté, et est percée de plusieurs cavités hémisphériques A de différentes grandeurs. La *bouterolle* est un poinçon en acier de 0m,08 de long, arrondi par le bout, et qui entre juste dans le trou du *dé à emboutir*; il faut par conséquent autant de bouterolles que le dé a de trous différents.

Quand la feuille ou le culot de grappe a la forme qui lui convient, on passe à l'ajustement des brillants. Cet ajustement peut se faire de deux manières selon que l'on a donné les brillants, ou bien selon qu'on sait seulement le nombre de brillants qu'il faudra placer. Dans le premier cas, on fixe la feuille à l'extrémité d'un petit bâton dont le bout est couvert de cire, et on la recouvre en outre de cire jaune, qui permettent d'ajuster provisoirement les brillants et de chercher la place qui leur

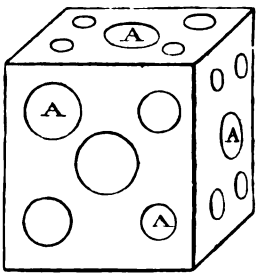


2030.

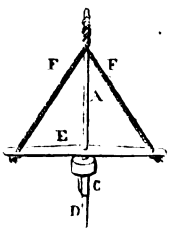
fera produire le meilleur effet. Les brillants sont toujours mis de manière à laisser libres et en relief les côtés et les nervures des feuilles. Les places des brillants marquées, on perce des trous pour leur introduction; cette dernière opération se fait immédiatement sans ajustement préalable, dans le cas où les brillants ne sont

Digitized by Google

pas mis à l'avance à la disposition de l'ouvrier. Les trous se font avec le *drile* ou porte-foret (fig. 2036) ; le foret D, en acier trempé, est aplati vers le bas et aiguisé en



2035.



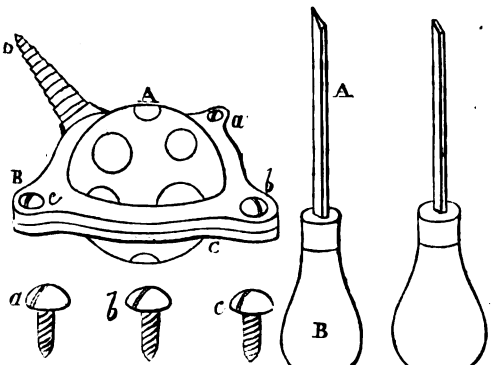
2036.

biseau losange ; vers le haut il est forgé en carré, et va en diminuant un peu pour entrer dans la boîte du drile. A l'archet E est attachée une courroie ou corde très flexible F, qui fait deux ou trois tours sur la tige A. En appuyant sur l'archet on fait enrouler la corde, et par suite tourner le foret qui s'enfonce dans le métal. Les trous ou *jours* étant pratiqués dans les parties faites en plané, on les donne à la polisseuse, qui les polit en y passant du fil imbibé d'huile à la ponce, puis d'huile au tripoli, et enfin d'huile au rouge. Les pièces sont ensuite savonnées, brossées et séchées.

Avant de nous occuper de la monture et de la sertissure des brillants, voyons maintenant la préparation de la *charnière* pour les chatons de grappes et pendants. Le joaillier prend une bande d'argent laminée à une épaisseur telle, que roulée cylindriquement pour former les grains de grappe, elle laisse un creux convenable pour recevoir la pierre qui lui est destinée. Cette bande est d'abord courbée au moyen d'un coup de marteau donné en la posant sur une pièce de bois portant plusieurs moulures ; une de ses extrémités est alors taillée en pointe avec les ciseaux, et faisant passer la pointe dans le trou d'une filière on la tire avec une pince ; les deux lèvres de la bande se rapprochent et l'on obtient un tube creux dans lequel on coupe tous les chatons à épaisseur convenable. On soude la fente à la lampe en même temps qu'une doublure en or, et une pointe d'or ou petite charnière en or pour servir à l'assemblage. Les feuilles faites en plané reçoivent aussi par une soudure des pointes et de petites charnières en or.

Il s'agit maintenant de monter les pierres sur l'ouvrage, préparé comme nous venons de l'indiquer. L'ouvrier commence par *mettre en ciment*, c'est-à-dire par enfoncer les pièces dans du ciment, suffisamment chauffé, dont il a garni une poignée de bois tournée ; il a pour but de fixer le métal de manière à ce qu'il puisse le travailler sans qu'il vacille. Il *met* ensuite *en cire* les pierres, c'est-à-dire qu'il les fixe par leur partie supérieure dans un petit bâton dont le bout est couvert de cire, afin de pouvoir les prendre facilement et les porter aux places qu'elles doivent occuper définitivement. Lorsque l'ouvrage est bien préparé, le joaillier met la poignée de bois dans un trou de la *boule à sertir*. *Sertir* une pierre, c'est rabattre sur les bords une partie du métal qui l'entoure, après l'avoir relevé sur le contour. Le métal rabattu ne cache de la surface de la pierre que la quantité absolument nécessaire pour qu'étant serré tout autour, il puisse la retenir solidement sans qu'on ait lieu de craindre de la perdre. La *boule à sertir* est une boule de cuivre A (fig. 2037), percée de plusieurs trous de différentes grandeurs, ajustée entre deux bassins B et C, en cuivre ou en bronze, entre lesquels elle peut se mouvoir en tous sens. Ces deux bassins sont ajustés l'un sur l'autre par trois vis *a*, *b*, *c*. Outre ces trois vis, le bassin inférieur C porte une vis D, qui entre dans l'établi et sert à fixer l'instrument.

Avec une *échoppe à refendre*, instrument d'acier (figure 2038) très poli et évidé sur le dos, le joaillier ramasse le métal autour de la pierre. Avec une *échoppe à arrêter*, morceau de fer plat carré A (fig. 2039), monté sur une poignée de bois B, ayant deux biseaux formant un tranchant que l'on émousse avec une lime, afin qu'en appuyant sur le métal on soit hors de risque de



2037. 2039. 2038.

le couper, le joaillier rabat ensuite l'argent sur la pierre, lorsque la portée est formée, et qu'il est déterminé à faire la sertissure. Enfin, au moyen d'un poinçon qu'il frappe avec le *marteau à sertir*, dont A est la tête et B le manche (fig. 2040), il resserre et applique étroitement les rebords métalliques sur la pierre, qui doit être alors tellement serrée qu'en aucun point il ne se trouve le plus petit interstice entre elle et l'argent. Le joaillier forme



2040.

ensuite, au moyen d'une échoppe, huit griffes sur la sertissure, en les espaçant également et les séparant symétriquement. Il enlève en outre avec une *pointe à découvrir* (fig. 2041) la partie superflue de la sertissure qui couvre la pierre au-delà de la partie sur laquelle elle pose, et qu'on nomme feuillet, parce que sans cette précaution elle perdrait de son étendue. Avec



2041.

la partie tranchante de cette pointe il agit de bas en haut, et amincit, par conséquent, la sertissure du côté de la pierre ; la sertissure prend ainsi la forme d'un tronc de cône dont la petite base est en haut. Toutes ces opérations terminées, le joyau est envoyé à la polisseuse, qui polit de nouveau à la ponce, au tripoli, et enfin au rouge d'Angleterre. Les différentes pièces reviennent enfin au joaillier qui les réunit en les soudant à l'étain, avec l'alliage suivant : étain fin, 2 parties ; plomb, 1 p. L'argent dont se sert le joaillier est au titre de 980 millièmes.

Digitized by Google

La description de la mise en œuvre que nous venons de détailler, n'avait encore été donnée dans aucun ouvrage. Elle est relative à la monture à jour, celle qui surtout est du ressort du joaillier proprement dit. L'ancienne Encyclopédie et les dictionnaires technologiques qui ont paru successivement, se sont bornés à décrire la monture des roses, ou des autres pierres enchâssées dans le chaton d'une bague. Or, cette opération n'est pas plus du ressort du joaillier que du bijoutier; c'est une opération qui se fait dans les deux professions. Nous n'en dirons que quelques mots, qui suffiront, après tous les détails que nous venons de donner sur la monture des brillants par le joaillier, pour faire comprendre en quoi elle consiste.

Lorsque la pierre qu'il s'agit de monter sur la bague est un diamant, la sertissure doit être en argent; elle est en or pour toutes les pierres de couleur. L'ouvrier prend donc un fil d'argent ou d'or, selon le cas; il le contourne de manière à pouvoir entourer la pierre. Il prend ensuite une plaque d'or mince, il l'emboutit sur le *dé à emboutir* à l'aide de la bouterolle. Cette opération terminée, il en lime la surface et il ajuste le fil qu'il soude à la lampe. Il obtient ainsi l'assemblage qu'on nomme chaton. Le chaton est à son tour soudé aux deux bouts de l'anneau d'or préparé à l'avance, selon la grosseur du doigt. La bague est maintenant préparée pour la sertissure de la pierre. Elle est par conséquent *mise en ciment*, tandis que la pierre est *mise en cire*, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut. Ici se place une opération dont nous n'avons pas eu occasion de parler, dans le cas des montures à jour. Lorsque le chaton est bien préparé, l'ouvrier met la *poignée de bois* dans la *boule à sertir* et couvre le fond du chaton de noir d'ivoire, provenant d'ivoire brûlé. Ce noir est broyé aussi fin que possible à l'eau, et délayé dans une eau légèrement gommée. La façon de l'employer dépend de l'artiste et de la nature des pierres dont il s'agit de faire valoir la beauté. L'artiste place sur le noir, dans la cavité du chaton, lorsqu'il s'agit du diamant ou de pierres blanches, une feuille d'argent battue, extrêmement mince et brunie avec beaucoup de soin, d'un brun très doux et très vif. Cette feuille doit être découpée de manière à ce que les jointures correspondent aux angles de la pierre; on y pratique un trou à la partie qui sera en contact avec la pointe de la *table* du dessous du diamant. Ce trou, qui ne doit pas excéder cette table, laisse à découvert le noir d'ivoire qui donne un plus beau reflet à la pierre. Quelquefois, au lieu de ce trou, on peint une étoile noire sur la feuille d'argent. Sous les diamants jaunes, il est bien de colorer en bleu la feuille d'argent; la couleur de la pierre qui est un défaut, semble ainsi de beaucoup diminuée. Si l'on monte des pierres de couleur, la feuille placée dans le chaton doit être brunie également, et colorée comme la pierre; on ne pratique pas de point noir dans la table inférieure. Toutes ces opérations terminées, on ajuste la pierre dans l'*œuvre* avec une échoppe, on la *sertit*, la *découvre*, etc.

SECTION II. — DE LA BIJOUTERIE.

La bijouterie est l'art de fabriquer en or de petits ouvrages curieux ou précieux, que l'on nomme bijoux, et qui en général servent à la parure des personnes. La bijouterie n'emploie qu'exceptionnellement l'argent, tandis que la joaillerie emploie surtout ce métal. Les pierres précieuses de couleur, les émaux et les nielles, sont constamment employés par le bijoutier, qui sait marier la couleur de l'or aux effets si variés de ces auxiliaires charmants et précieux. Le bijou doit avoir une grande valeur, non pas seulement à cause de la matière rare et précieuse dont il est composé, mais surtout par l'arrangement de cette matière, par le goût, la fantaisie, et par la signification emblématique de cet arrangement. On ne demande pas autant aux joyaux dont la légèreté gracieuse, la frivolité éclatante, sont les principaux attributs.

§ 1. *De l'or employé en bijouterie.* — L'or arrive en lingots dans l'atelier du bijoutier; ces lingots sont à 1000 millièmes ou environ (24 karats); c'est de l'or fin. Le bijoutier commence par en faire des alliages, soit aux trois titres légaux actuels, qui ont déjà été donnés au mot BIJOUTIER-JOAILLIER, soit aux différentes couleurs dont l'emploi est usité dans son art.

L'*or au haut titre* est le premier titre légal actuel, 920 millièmes ou 22 karats 1/37 et 1/2; ce titre est plus spécialement employé dans l'orfévrerie.

L'*or au titre* est l'or à 840 millièmes ou 20 karats 5/32 et 1/2, autrefois 20 karats seulement ou 833,33 millièmes.

L'*or commun* est l'or à 750 millièmes ou 18 karats.

Les tolérances sont de 3 millièmes.

L'*or bas* est l'or au-dessous de 750 millièmes; depuis 500 jusqu'à 750.

Pour que l'or puisse être facilement travaillé, il faut que l'alliage soit parfaitement homogène; le bijoutier ne l'obtient à cet état qu'après plusieurs fontes successives. L'alliage bien fait ne doit donner ni grenures ni gerçures sous l'action du marteau à la forge, ou entre les cylindres du laminoir. Quand l'alliage est mal fait, on dit que l'or est *aigre;* on l'adoucit par une nouvelle fonte en présence du borax et du salpêtre. Les fusions se font dans des creusets de Paris, au milieu d'un bon feu de charbon de bois.

Les couleurs de l'or usitées dans la bijouterie sont les suivantes :

Or jaune : or fin.

Or rouge : or fin, 750; cuivre rosette, 250.

Or vert : or fin, 750; argent, 250.

Or feuille morte : or fin, 700; argent, 300.

Or vert d'eau : or fin, 600; argent, 400.

Or blanc : or dont la couleur est adoucie par une quantité d'argent de plus en plus considérable.

Or bleu : or fin, 750; fer, 250. Cet alliage est difficile à préparer; on l'obtient en plaçant le fer en gros fil au centre de l'or fondu, et retirant aussitôt que l'alliage est fait. L'alliage étant fait, on le coule; il ne doit pas être poreux. On le forge et on le réduit en lames ou en fils de différentes épaisseurs.

Le bijoutier fait fondre également les alliages qui constituent les soudures. Ce sont des alliages plus fusibles que le métal employé par le bijou. Il en faut par conséquent de plusieurs sortes à cause des différents alliages d'or employés, et aussi à cause de la succession des soudures, dont les unes sont faites après les autres. La soudure étant composée (voir le mot BIJOUTIER-JOAILLIER), on la bat bien mince et on la coupe en très petits morceaux ou paillettes, qu'en terme du métier on appelle *paillons*.

§ 2. *Diverses catégories de bijouterie.* — Il y a un grand nombre de distinctions à établir entre les bijoux, soit d'après leur destination, soit d'après leur fabrication. D'abord le bijou, au sortir de la main de l'ouvrier, est simplement livré au polisseur, ou bien il est mis en couleur, c'est-à-dire jauni, c'est-à-dire encore soumis à une opération qui enlève l'alliage à la surface du bijou, et par conséquent lui donne l'apparence de l'or fin. Les bijoux peuvent être unis, *polis*, gravés ou ciselés, ou bien encore, unis, *brunis ou mats*, avec ciselures ou gravures. Enfin les bijoux peuvent être *pleins* ou *creux*, ou en *filigrane; fondus* ou *estampés; faits à la main très forts*, c'est-à-dire fabriqués sans le secours des moyens mécaniques, ou bien faits d'après des matrices, c'est-à-dire n'être que des copies des bijoux plus précieux faits d'abord à la main.

Nous considérerons trois catégories dans la bijouterie proprement dite :

1. Nous mettrons en première ligne la *bijouterie*

Digitized by Google

d'art, qui remonte au temps de Benvenuto-Cellini, et la seule qui ait réellement quelque analogie avec l'orfèvrerie. Elle se travaille effectivement par des procédés presque identiques à ceux employés par l'orfèvrerie. La bijouterie d'art produit la classe des bijoux les plus riches, et ceux dont la fabrication offre le plus de difficultés; ce sont les couronnes, les vases destinés aux usages sacrés ou profanes, les épées, les poignards, les coffrets, les riches tabatières, etc., etc., ornés des pierres les plus précieuses et des émaux les plus beaux.

II. La *bijouterie* proprement dite ou de *riche fantaisie* produit les objets *faits à la main* tels que : les diadèmes, les peignes, les colliers, les bracelets, les broches, les épingles riches, les boucles d'oreilles, les chaînes, etc., qu'elle enrichit ordinairement de pierres précieuses et d'émaux. Tandis que la bijouterie d'art satisfait en quelque sorte au besoin, ne produit aucun objet qui n'ait une fonction à remplir, soit pour marquer les rangs hiérarchiques (couronnes et décorations), soit pour servir à la défense personnelle (épées, poignards), soit pour satisfaire un goût, une habitude (tabatières), la branche de la bijouterie dont nous parlons s'attache surtout à combler les fantaisies les plus futiles.

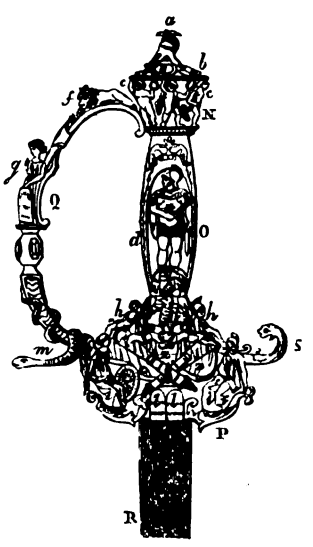
La bijouterie de fantaisie se fait à grands frais. L'artiste ne fabriquant presque jamais deux pièces semblables, on n'a point recours aux moyens mécaniques pour obtenir un bijou destiné d'ailleurs à des personnes occupant un rang élevé dans la hiérarchie sociale, et étant par conséquent en état de défrayer l'artiste de ses soins; aussi ne néglige-t-on rien pour rendre cette bijouterie aussi parfaite que possible. Elle remonte aux siècles de Louis XIII et de Louis XIV; mais alors elle était l'ornement exclusif des dames de la cour, et encore s'en faisait-il fort peu. Les orfèvres se chargeaient alors de travailler ces sortes de bijoux. Depuis cette époque, en suivant toutes les phases et toutes les modifications de la mode, en se perfectionnant aussi avec les progrès des arts et de l'industrie, en se multipliant par suite de la diffusion de l'instruction et du raffinement de la civilisation, les bijoux riches sont arrivés à constituer une branche importante de l'industrie française, qui sait le mieux satisfaire les goûts et les fantaisies gracieuses.

III. La haute bijouterie de fantaisie a engendré de nos jours la *bijouterie de consommation*, dont les produits sont devenus nécessaires aux classes moyennes de la société qui éprouvent des besoins presque aussi raffinés que les classes supérieures, sans que leur richesse soit suffisante pour leur permettre de payer chèrement leurs fantaisies.

La bijouterie de consommation fait les mêmes objets que la bijouterie de haute fantaisie; elle produit la plupart, on pourrait presque dire tous les bijoux qui se trouvent dans le commerce. C'est, par conséquent, celle qui occupe le plus grand nombre d'ouvriers dans Paris, ou se font les bijoux dont les formes sont les plus variées, dont les dessins sont les plus coquets. Cette bijouterie plaît généralement, parce qu'elle est aussi *jolie* que la haute bijouterie de fantaisie, parce qu'elle fait presque autant d'effet et qu'elle est infiniment meilleur marché. La différence des prix provient de l'emploi des moyens mécaniques dans la bijouterie de consommation qui se fait à l'aide de poinçons et de matrices. Le principal désavantage qu'elle ait sur la première, c'est de ne pas livrer des produits possédés uniquement par l'acheteur. Du reste, ce n'est pas en France que se fait, en quelque sorte, la prostitution d'un modèle. Nos bijoutiers ne vendent pas un grand nombre de bijoux de même forme. Les Allemands, et surtout les Genévois, se chargent du soin lucratif de vulgariser les nouveaux modèles produits par la bijouterie parisienne. Ils font, du reste, un choix parmi ses produits; ils choisissent non pas les plus beaux bijoux, mais seulement les plus faciles à copier et à exécuter. On ne trouve ni à Genève, ni à Manheim nos très beaux modèles; et quant aux modèles simples qui sont reproduits en grand nombre, on peut voir qu'ils ont perdu presque toute leur grâce et leur légèreté. Ce n'est effectivement qu'aux dépens du bijou même que les contrefacteurs peuvent atteindre un bon marché extrême. Aussi commence-t-on à comprendre généralement qu'il vaut mieux s'adresser aux bijoutiers français qu'aux colporteurs des fabriques genévoises ou allemandes, dont les produits ont toujours une certaine ancienneté et portent un cachet de vulgarité imprimé par une mécanique grossièrement employée. Du, reste avec quelques perfectionnements faciles à introduire dans la fabrication du bijou commun, les bijoutiers français arriveraient vite à faire à aussi bon marché que les Genévois, et ils feraient certainement beaucoup mieux. Quant aux Allemands, l'absence de la marque de leurs bijoux les a portés à fabriquer des bijoux à titre si bas que leur concurrence, quoiqu'active encore, devient chaque jour moins dangereuse. Les Anglais savent parfois produire de beaux bijoux; mais, en général, ils se servent d'or à bas titre, et ils donnent, à des objets dont le mérite est la grâce et la légèreté, un aspect si lourd, si matériel, que les bijoux anglais ne plaisent guère qu'en Angleterre et dans quelques-unes des colonies de la Grande-Bretagne, où les autres bijoux ne peuvent presque pas arriver à cause des droits élevés dont ils sont frappés à leur entrée.

Après les trois grandes catégories de bijoux dont nous venons de parler, nous parlerons de deux genres accessoires, le *plein* et le *creux*, et nous décrirons les procédés de fabrication d'un genre extrêmement intéressant, du *filigrane*. Enfin nous terminerons ce qui concerne les bijoux, en parcourant succinctement la *bijouterie de corail*, la *bijouterie de deuil*, la *bijouterie en faux*, etc.

Afin de bien faire comprendre les divers procédés de fabrication, nous allons prendre un exemple dans chacun des grands genres dont nous venons de parler, et expliquer comment s'obtiennent les différentes pièces qui composent chaque objet pris comme type; il n'y a que quelques variations faciles à imaginer pour passer d'un bijou à un autre.



2042

§ 3. *Bijouterie d'art.* – La fig. 2042 représente, à l'échelle 1/4, la poignée d'une épée exécutée pour le général Mosquera, président de la république de la Nouvelle-Grenade, par MM. Rouvenat, Christofle et Cie. Voici les phases par lesquelles cette pièce doit passer pour arriver à son entier achèvement. Le procédé de fabrication que nous allons décrire est applicable à toutes les pièces de bijouterie ou d'orfèvrerie analogues.

Digitized by Google

Modelage. Le dessin étant fait, on construit une espèce de carcasse en gros fil de fer de la forme et des dimensions que doit avoir l'objet et que donne le dessin. On recouvre cette charpente de cire a modeler, et on modèle ensuite d'après le dessin avec toute la perfection possible. Ce travail d'artiste étant effectué, on laisse sécher la cire durant quelques jours, afin qu'elle durcisse assez pour que les parties qui doivent être moulées puissent, sans courir le danger d'être écrasées, supporter cette opération.

En général, on se sert du moulage pour fabriquer les parties qui constituent l'ornementation : dans la pièce actuelle, ces parties sont représentées par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l* et *m*. Ce qui reste doit être exécuté par la bijouterie ; c'est la forme, l'ajusté, la partie de précision de la pièce ; un habile ouvrier peut seul en être chargé. Les parties moulées sont ajustées, soudées et enfin ciselées sur cette sorte d'édifice qui attend ses ornements et qui constitue l'objet simple, non orné.

Moulage. Le bijoutier fait porter chez le fondeur toutes les parties destinées au moulage. Le fondeur prend l'empreinte dans du sable fin, et coule d'abord un modèle en cuivre qu'il répare avec soin, afin de donner à l'objet définitif une grande précision. Ce modèle de cuivre sert à former le moule où l'or sera coulé ; ce second moulage est beaucoup plus parfait que le premier, parce que le modèle ne peut pas s'écraser, comme le fait toujours la cire, quels que soient d'ailleurs les soins que l'on prenne. On répare les jets de la fonte, on cisèle cette fois toutes les parties fondues en or avec toute la perfection possible, et on les rapporte chez le bijoutier. Nous avons passé sous silence toutes les précautions que prend le fondeur en or, parce qu'elles se trouvent décrites avec détail à l'article **FONDERIE** et au mot **BIJOUTIER-JOAILLIER.**

Pendant le moulage des ornements, le bijoutier a fabriqué la pièce principale en suivant la marche que nous allons indiquer.

Soudage. Le milieu de la poignée, représenté par la lettre *u*, se fait en deux parties, formant chacune la moitié de la pièce ; à l'aide d'un poinçon, on leur donne la forme qu'elles doivent avoir. Les deux parties sont réunies à l'aide d'un fil de fer très fin dont on se sert pour les attacher, après avoir eu soin de mettre sur les bords intérieurs des petites parcelles ou *paillons* de soudure d'or forte *au quart*, de la dimension de deux millimètres carrés. Ces paillons sont déposés au moyen d'un petit pinceau trempé dans du borax délayé à l'eau dont on humecte toutes les parties que l'on veut souder. Après avoir fait sécher le borax au feu, on expose la pièce à la lampe en la plaçant sur une sorte de support en fil de fer. A l'aide du chalumeau, on projette la flamme sur toutes les parties de la pièce, afin de l'échauffer partout également. Lorsqu'elle a atteint une température suffisamment rouge, on aperçoit la soudure qui de l'intérieur ressort à l'extérieur, vive et brillante, et qui coule dans toutes les jointures. On laisse la pièce refroidir avec précaution, car il est essentiel de ne pas la remuer tant que la soudure est en fusion. On enlève ensuite le fil de fer et l'on déroche.

Dérochage. Le *dérochage* consiste à faire bouillir dans un *bouloir*, vase de cuivre rouge oblong muni d'une queue, de l'acide sulfurique très étendu d'eau, tandis que la pièce y est plongée. Le dérochage nettoie la pièce de l'excès de borax.

Le pommeau *o* se fabrique par le procédé que nous venons de décrire. Il s'ajuste dans la poignée au moyen d'une *douille* ou *virole*, c'est-à-dire d'un petit cylindre creux en or. La coquille *p* est une partie massive faite d'un morceau d'or fort qu'on appelle *plané*, et qu'on a obtenu par le moyen du laminoir. Ce plané est découpé de la forme du dessin par les procédés que nous avons décrits plus haut en parlant de la joaillerie ; il est ensuite légèrement embouti. Les ornements qui ne sont point moulés sont faits d'un morceau de lingot forgé, contourné et soudé sur la coquille. La garde *q* est également faite d'un morceau de lingot en or massif, forgé et limé d'après le dessin. La partie supérieure du fourreau *r* est entièrement fondue ; elle est ensuite ciselée et ajustée comme les autres pièces. La partie transversale de la garde est également forgée et soudée.

Lorsque la pièce principale est faite, que la ciselure des figures, des ornements divers, des armoiries, etc., est terminée, on ajuste les parties moulées et on les soude sur chacune des pièces où elles doivent être placées. L'ouvrier vérifie avec attention toutes les soudures, tout l'ajusté de chaque partie, et lorsqu'on s'est assuré que rien ne manque, on fait dérocher le tout, et après le dérochage on met un moment à la forge pour faire évaporer toute trace d'eau. On porte, en dernier ressort, au ciseleur l'objet démonté en autant de parties qu'il a fallu en faire pour le travail fractionné. Le ciseleur répare à la lime et cisèle les soudures.

Polissage. Les parties unies ont besoin d'être *polies*, afin que les traits de la lime puissent disparaître. Le *polissage*, toujours effectué par des femmes, se fait de la manière suivante : On commence par adoucir les irrégularités à l'aide d'une pierre douce d'ardoise bien divisée. On mouille souvent la pièce à l'aide d'une éponge, afin de s'assurer que le travail se fait convenablement. Ensuite, à l'aide d'un petit morceau de bois de fusain, on frotte sur les pièces avec de la ponce en poudre fine délayée dans de l'huile de manière à former une pâte liquide. Après ce premier travail, on *dégraisse* l'ouvrage à l'aide de mie de pain rassis. Pour augmenter la beauté du poli, on se sert d'un charbon allongé mince, en bois de fusain, et on frotte avec de l'eau. Enfin, on frotte encore à l'aide d'un bois revêtu de drap avec du tripoli de Venise. Ce second travail achevé, on nettoie de nouveau ; ce second nettoyage est bien essentiel, car si on laissait du tripoli sur les pièces on risquerait d'être obligé de recommencer tout le travail. On termine le polissage par ce que l'on appelle le *passé au rouge*. On se sert pour cela de rouge à polir, obtenu par la calcination du sous-sulfate de fer que l'on étend avec un peu d'eau sur un morceau de liége. On savonne ensuite au savon blanc ; on nettoie les objets dans l'eau chaude et on les fait sécher dans de la sciure de bois fine et chaude. On essuie avec une mousseline très fine, puis avec une brosse douce à longs poils préparée au rouge sec, on donne le dernier *coup de vif* en passant cette brosse deux ou trois fois sur les pièces ; c'est ce que l'on appelle *arrer*.

Lorsque l'on veut polir l'intérieur d'un trou, d'une sertissure, d'une bague, etc., on se sert d'un écheveau de fil plus ou moins gros, selon la grandeur du trou. On frotte avec ce fil qui est imprégné des ingrédients que nous venons de décrire ; et on arrive ainsi à obtenir un poli d'un éclat éblouissant. C'est le polissage que nous avons indiqué plus haut en parlant de la joaillerie.

Mise en couleur. Quand une pièce est destinée à être *mise en couleur*, c'est-à-dire que l'on veut lui donner l'aspect de l'or fin, et non pas conserver l'or *de couleur* qui est la conséquence de l'alliage, on la recouvre entièrement de borax en poudre delayé dans l'eau, après qu'on a préparé les parties unies comme nous venons de le dire. On la fait ainsi recuire au feu de charbon ou bien au chalumeau, selon son importance, afin d'en enlever toutes les parties grasses. On déroche ensuite comme nous l'avons déja expliqué. Après s'être assuré que toutes les parties sont suffisamment propres, on procède à la mise en couleur.

On fait un mélange de sel ordinaire, de salpêtre et d'alun ; on y ajoute une certaine quantité d'eau ; on place sur le feu, et on attend que ces ingrédients soient

Digitized by Google

fondus et forment une sorte de bouillon de couleur jaune. Alors on y verse une quantité d'acide hydrochlorique plus ou moins grande selon le poids des bijoux ; puis, à l'aide d'une baguette de verre formant crochet à une de ses extrémités, on plonge rapidement dans le liquide les pièces attachées ensemble de manière à former un petit paquet avec de l'or vert en fil très fin, ou avec du fil de platine, ce qui est préférable, parce que ce dernier métal ne s'altère pas, tandis que l'autre est toujours rongé au bout de fort peu de temps. On retire de temps en temps le paquet de la *sauce* et on le trempe à chaque fois dans un vase plein d'eau chaude, afin de pouvoir observer les modifications de couleur que prend l'or. Quand on juge qu'il est arrivé à son dernier degré de pureté, ce qui exige de cinq à dix minutes, on retire les pièces et on les fait bien sécher dans de la sciure de bois chaude. Si l'opération a été bien faite, les pièces sortent de la sciure avec une teinte d'un jaune d'or fin éblouissant, car cette mise en couleur est un corrosif puissant qui enlève toutes les parties d'alliage d'argent et de cuivre qui se trouvent à la surface, et l'or fin paraît alors seul dans toute sa richesse et toute sa pureté.

Cette opération, quelque simple qu'elle paraisse, est un écueil contre lequel vient se briser la fortune d'un grand nombre de fabricants qui ne peuvent parvenir à bien mettre en couleur. La plus légère inadvertance fait manquer l'opération, et le bijou, au lieu d'atteindre la couleur vive et jaune de l'or fin, prend une teinte terne et grisâtre à laquelle on donne le nom de couleur de *terre à poêle*. Personne ne veut du bijou amené à cet état, et le bijoutier, non seulement met un retard considérable à effectuer sa livraison, mais encore il fait une perte ruineuse en façon payée inutilement aux ouvriers et en déchets causés par les différentes manipulations que nous venons d'expliquer.

L'or à bas titre vient très mal en couleur ; l'aspect seul qu'il prend suffit à un œil exercé pour le faire reconnaître.

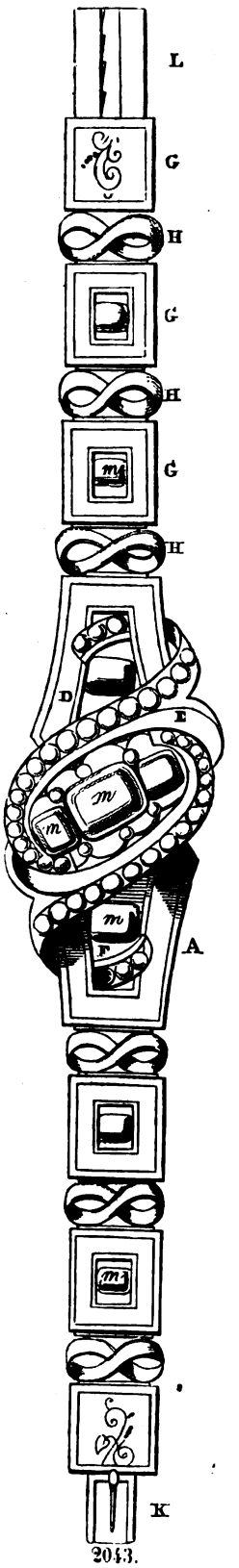
La mise en couleur des bijoux d'or diffère essentiellement, comme on voit, de celle que nous avons indiquée à l'article DORURE pour les bijoux faux et les bronzes dorés ; celle-ci augmente le poids des objets, tandis que celle-là le diminue.

Assemblage. L'assemblage des pièces principales dont se compose un bijou considérable, comme l'épée que nous avons prise pour type, se fait maintenant à l'étain ; il ne présente aucune difficulté. Les petits bijoux sont tout montés avant le polissage et la mise en couleur.

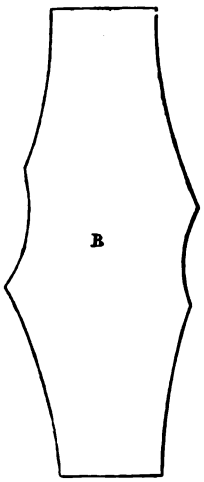
§ 4. *Haute bijouterie de fantaisie*. — Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous permettront de nous étendre beaucoup moins dans les explications qu'il nous reste à donner.

La fig. 2043 représente un bracelet que nous pouvons prendre pour type de bijouterie de haute fantaisie. Il se fabrique à grands frais parce qu'on le fait seul, et que ce n'est qu'après son entier achèvement qu'on peut faire une ou plusieurs matrices pour le reproduire mécaniquement, et par conséquent à meilleur marché, en le reproduisant un grand nombre de fois comme bijou de consommation.

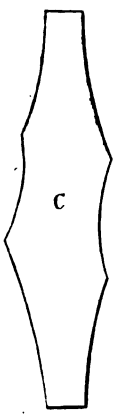
A, est une partie plane légèrement arrondie dans le sens de sa longueur afin de prendre la forme du bras. Cette pièce est faite de *bâtes*, c'est-à-dire que pour l'obtenir on prend un fil d'or carré qu'on lamine jusqu'à l'épaisseur d'un quart de millimètre et la largeur de 2 millimèt. environ. On contourne la feuille en mettant de champ la partie mince et lui donnant la forme extérieure B (fig. 2044). On en fait autant avec un second fil plus court que l'on lamine et contourne d'après la forme intérieure C (fig. 2045), et on réunit respectivement leurs extrémités par la soudure au quart. Les deux minces cercles d'or obtenus sont placés perpen-



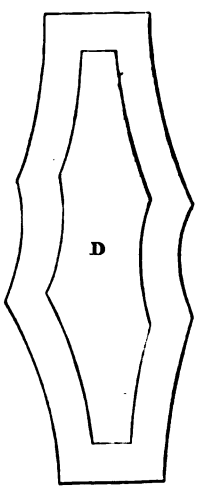
2043.



2044.



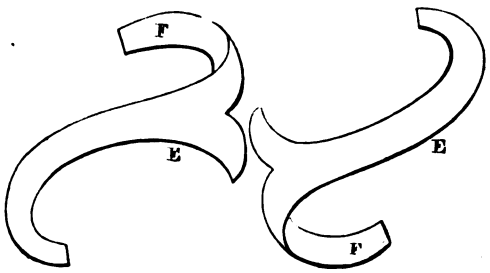
2045.



2046.

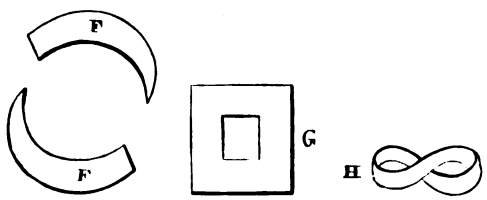
Digitized by Google

diculairement sur un fond d'or laminé de l'épaisseur d'un sixième de millimètre, mais de largeur telle que les bâtes conservent entre elles la largeur de la pièce A, quand elles seront soudées sur ce fond. Alors, à l'aide d'une petite scie et après avoir fait un petit trou ou plané pour pouvoir l'y introduire, on reperce la partie intérieure en suivant le contour de la bâte. On obtient ainsi la pièce D (fig. 2046) à laquelle on met un second fond appuyé sur le premier. Cela donne une pièce presque carrée dans tous les sens, mais cependant plus large qu'épaisse. On fait un travail semblable pour les pièces E (fig. 2047 et 2048) qui doivent terminer la



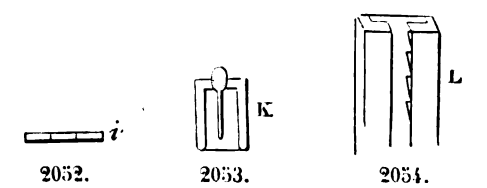
2047. 2048.

pièce du milieu, l'ornement capital du bracelet, et dont les retours F (fig. 2049) sont soudés après avoir été fabriqués d'une manière analogue. C'est aussi de cette façon que s'obtiennent les pièces G (fig. 2043 et 2050) qui constituent les ornements secondaires du bijou. Les parties H (fig. 2043 et 2051) sont des fils d'or pleins, contournés en forme de 8 et constituant la chaîne du



2049. 2050. 2051.

bracelet; elles sont réunies aux pièces A et G par une charnière *i* (fig. 2052) qui permet l'exécution du mouvement qu'on veut imprimer, soit pour fermer le bracelet, lorsqu'il est placé sur le bras, soit pour l'ouvrir, quand on veut le quitter. Les deux extrémités du bijou sont réunies par le moyen d'un fermoir qu'on appelle *cliquet*. C'est une partie K (fig. 2053) formée d'un morceau de *plané* découpé de la forme du dessin, sur lequel on soude une petite pièce, qu'on appelle pièce de pêne, parce que pour ouvrir le bracelet on appuie sur le pêne : à cet effet, la pièce K entre dans une pièce creuse L, (fig. 2043 et 2054) et par le moyen du ressort que



2052. 2053. 2054.

fait le cliquet, elle ne peut se détacher que si on appuie sur la pièce de pêne K. Les *cercles* ronds et ovales *m* (fig. 2043), sont de petites pièces laminées et contournées qu'on appelle *sertissures*, et qui sont destinées à recevoir les pierres. Elles doivent être faites en or plus ductile que celui du reste du bracelet, c'est-à-dire que, quoiqu'au même titre, elles doivent être en or allié exclusivement avec de l'argent fin. Quand les pierres ont de la valeur, ces sertissures sont en or fin, parce que le travail est plus facile pour le sertisseur, ouvrier qui ne fait que sertir et qui exerce ainsi une profession particulière. L'emploi d'un or moins ductile pourrait occasionner souvent la cassure de la pierre qu'on veut monter. Lorsque l'ouvrier a exécuté séparément les pièces dont nous venons de donner le détail, il les réunit en se guidant sur le dessin (fig. 2043).

Le travail du bijoutier proprement dit, est alors terminé, mais le bijou est loin d'être fini; il faut qu'il passe entre les mains du graveur, du ciseleur, du sertisseur, du guillocheur, de l'émailleur. En outre, si le bijou est ce que l'on appelle en *or anglais*, c'est-à-dire si on veut lui laisser la couleur de l'alliage, on le donne à la polisseuse. S'il doit être *mis en couleur*, on lui fait subir l'opération que nous avons déjà décrite.

On doit concevoir combien est compliqué le travail d'un bijou, car toutes les opérations dont nous avons parlé sont quelquefois faites sur la même pièce, et le bijou passe dans autant de mains que nous venons d'indiquer de professions différentes. Nous avons passé rapidement sur les travaux mentionnés, parce que toutes les opérations se font comme nous l'avons dit au paragraphe 3; pour les soudures, on prend seulement une précaution, c'est de préserver, au moyen d'une couche d'*ocre jaune*, les parties faibles et les premières soudures contre l'action trop forte de la flamme. Avant la soudure, le bijoutier attache les pièces avec du fil de fer fin, et fait les petites soudures au chalumeau, sans quitter son établi, en mettant les objets sur un morceau de charbon.

§ 5. *Bijouterie de consommation à bon modèle.* — Il est facile de comprendre qu'en fabriquant des poinçons et des matrices qui représentent les différentes pièces de bijoux que nous venons de prendre pour exemple, et en se servant des procédés d'estampage dont nous parlerons plus loin au chapitre du PLAQUÉ, on pourra reproduire à bon marché un bijou très cher. On obtiendra, en effet, en un instant, chacun des ornements détaillés plus haut, et même souvent de très grandes pièces, telles que la plaque du milieu (fig. 2043), par exemple. En réparant les pièces avec soin, les montant avec précision et surtout en se servant de matrices parfaitement gravées, on peut obtenir des bijoux comparables au type primitif, quoiqu'ils ne demandent pas la centième partie de la façon qu'il a exigée. Mais ces conditions se rencontrent rarement, et d'ailleurs on estampe à si faible épaisseur, les bijoux offrent si peu de résistance que, sous le point de vue de l'art, l'invention des procédés mécaniques est plutôt une calamité qu'un bienfait. Malgré tous les efforts de nos artistes, notre siècle se ressentira de cette faiblesse à laquelle le condamne une concurrence illimitée; il ne laissera guère d'œuvre capitale digne d'exciter l'enthousiasme ou l'admiration des siècles futurs; nos bijoux sont rarement constitués pour une longue vie.

§ 6. *Bijouterie en plein.* — Cette dénomination, *le plein*, sert à désigner un genre de bijouterie dont la fabrication est actuellement fort restreinte. Elle consiste à faire, en fil d'or rond ou carré, les anneaux, les alliances, les porte-mousquetons, les anneaux brisés, etc., etc. Cette bijouterie se fait massive, polie ou en couleur, selon la mode, mais presque toujours sans gravure ni ciselure. Quelques ouvriers seulement s'occupent de cette fabrication.

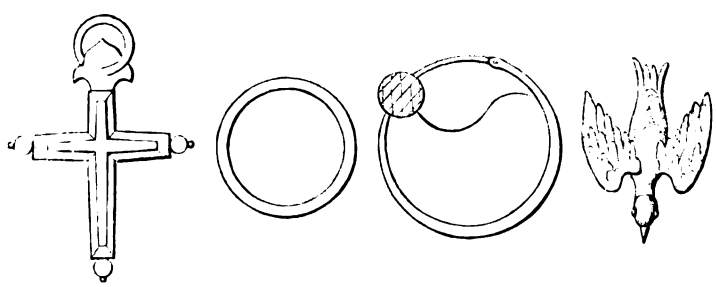
L'usage du bijou plein remonte à la plus haute antiquité. Les Grecs, les Romains, les Maures, les Mexicains, les Indiens s'en servaient pour leur parure. Le plus souvent, ainsi que nous pouvons nous en rendre

Digitized by Google

compte d'après ceux qui ont été recueillis par nos musées, les bijoux de ces temps reculés étaient bien informes. Ils ne consistaient guère d'abord qu'en un morceau d'or rond ou carré formant une bague grossière ou un anneau d'oreille, et qui n'était, sans doute, travaillé qu'au marteau, seul outil qu'on connût peut-être alors. Certains Indiens de l'Amérique du Sud font encore ainsi leurs bijoux. Ils se servent toutefois d'un bambou creux en guise de chalumeau, ce qui est déjà un perfectionnement. Sans aucun doute, ces moyens simples ont pu devenir, entre les mains d'habiles ouvriers, le moyen de produire des bijoux d'un certain mérite artistique. Mais, à quelques exceptions près, le mérite principal des bijoux consistait dans le prix de la matière ; le plus lourd était le plus estimé, au moins par le plus grand nombre des anciens consommateurs.

Plus tard, les arts et l'industrie se perfectionnant, on dut recourir à des moyens de fabrication plus ingénieux et plus en rapport avec les besoins d'une civilisation plus avancée. De là l'invention des outils perfectionnés, tels que : les filières servant à tirer le fil rond, carré ou ovale, les laminoirs écrasant la matière d'une manière parfaite et régulière, les tenailles, les bigornes, les mandrins, les dés à emboutir, etc.; puis, en marchant toujours vers la perfection industrielle, les poinçons, les estampes et les matrices qui, s'ils ne contribuent pas aux progrès de l'art absolu, aident au moins à développer et étendre la consommation.

Si l'on excepte les quelques ouvrages sortis de loin en loin des mains d'habiles orfèvres, et qui sont d'une grande beauté, l'époque du bijou un peu gracieux ne remonte pas, en Europe, à des temps bien éloignés. Il n'y a pas plus de cent ans que, hors les gens de la cour, on ne rencontrait pas d'autres bijoux que la bague (fig. 2055), l'anneau d'oreilles (fig. 2056), la croix à la Jeannette (fig. 2057) et le saint-esprit (figure 2058). La croix et le saint-esprit sont les deux symboles les plus répandus parmi le peuple chrétien,



2057. 2055. 2056. 2058.

et ce sont des bijoux d'une signification tranchée, comme tous les bijoux primitifs : comme ceux des Mexicains, des Indiens, qui portaient leurs dieux suspendus au cou ; comme aussi les bijoux des dames romaines, qui ne craignaient pas de s'orner avec des priapes et autres signes d'un caractère non moins net. Sur les anneaux et les sceaux furent, de tout temps, comme on le voit par les curiosités conservées dans les musées, enchâssées des pierres gravées ou des pierres précieuses par une sorte de sertissure analogue à celle que nous avons décrite, ou bien il y était placé des mains entrelacées, des témoignages d'amour, des dictons, des souhaits. On possède de ces sortes d'objets provenant de toutes les époques, depuis le temps des Grecs et des Romains jusqu'à nos jours.

§ 7. *De la bijouterie en creux.* Les bijoux précédents ne se firent d'abord que massifs, avec le marteau et la lime. Mais le luxe s'introduisant dans les classes inférieures de la société, et le prix trop élevé du bijou massif n'étant plus en rapport avec l'état de fortune des consommateurs de plus en plus nombreux, on sentit la nécessité de faire à meilleur marché, et c'est ce qui donna naissance au *bijou creux*. Ce bijou ne consista guère pendant longtemps qu'en la reproduction des quatre pièces désignées fig. 2055 à 2058, mais à des prix infiniment plus bas. Il y a une quarantaine d'années, cette fabrication, qui portait sur quelques autres bijoux de forme plus gracieuse et plus variée, était très considérable. Aujourd'hui, elle ne produit plus que pour les provinces de France, d'Espagne, et encore un peu pour l'Amérique. Le bijou creux a encore une certaine vogue dans les campagnes, parce qu'il est d'un bon marché fabuleux. Voici comment on le fabrique :

L'ouvrier, qu'on appelle *creusiste* dans cette partie, estampe dans une matrice deux pièces semblables ; il en ébarbe les bords à la lime, puis, afin de rendre les parties qui doivent être jointes parfaitement plates, il les passe sur une pierre dite pierre à dresser. Il remplit ensuite de soudure en limaille ou en paillon les coquilles formées, dans une proportion que l'habileté du travail indique, attache avec un fil de fer les deux coquilles et les soude à la lampe, comme il a déjà été dit. La pièce est alors remise à la polisseuse qui la termine.

Cette fabrication est celle qui prête le plus à la fraude. On a introduit beaucoup de soudure à très bas titre dans des feuilles de plané d'une minceur extrême, et on a eu des bijoux de si peu de valeur que les consommateurs n'en pouvaient plus rien tirer lorsqu'ils voulaient s'en défaire, et qu'ils ont fini par s'en dégoûter.

§ 8. *Du filigrane.* — Le bijou *filigrane*, c'est-à-dire fait en fils d'or ou d'argent, est le bijou léger par excellence ; aussi convient-il de préférence à tous les autres genres, dans les pays où l'ardeur des rayons du soleil rend insupportable l'emploi des bijoux massifs. Ses formes gracieuses et sa légèreté l'ont fait rechercher, pendant nombre d'années, dans toute l'Amérique, une partie de l'Asie et dans toutes les Antilles. Ce genre de bijou n'est point né en France, quoiqu'il y ait été fabriqué dès le sixième siècle, c'est-à-dire dès les premiers temps de l'orfévrerie française. Ainsi, Notre-Dame de Paris possédait une grande croix en or travaillée en filigranes, offerte par Jean, duc de Berri, en 1406 (1), et qui était due à saint Éloi, le premier des argentiers de Limoges, le patron célèbre des artistes français. Les filigranes se retrouvent sur un grand nombre de monuments d'orfévrerie sacrée appartenant à tous les siècles, depuis le sixième jusqu'au seizième, sur des reliquaires, des bustes de saints, des châsses, des croix (2). Toujours ces filigranes forment des treillis à volutes et à circonvolutions, semés de distance en distance de points circulaires ; le cercle, en repos ou en mouvement, fait tous les frais de cette décoration.

On retrouve les bijoux en filigranes chez les Maures, les Mexicains, avant la conquête de leur pays par les Espagnols. C'est le bijou des Chinois, qui paraissent ignorer qu'il existe d'autres genres, et enfin le bijou de beaucoup d'Indiens. Ces derniers, toutefois, le faisaient lourd, empâté par la soudure, hideux dans les formes.

(1) Gilbert. *Description de N.-D. de Paris*, page 525.
(2) *Essai sur les argentiers et les émailleurs de Limoges*, par l'abbé Texier, page 35.

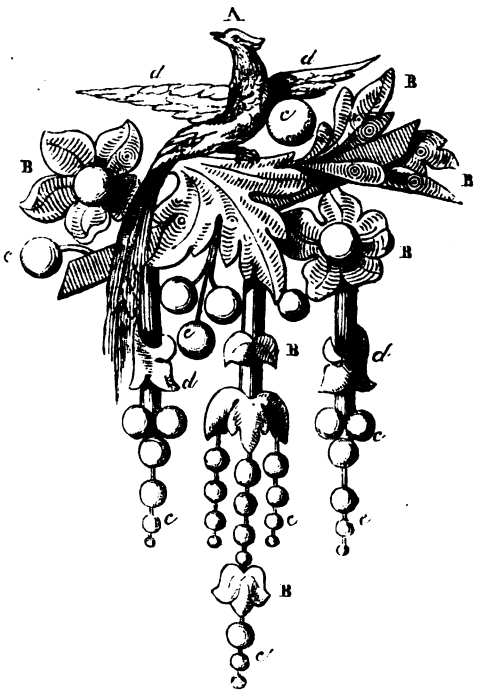
Digitized by Google

Les Chinois, au contraire, savent le fabriquer depuis bien des siècles avec une rare perfection. Le travail matériel ne laisse rien à désirer ; les soudures sont parfaites, et ce n'est pas un petit mérite, car le bijou en filigranes présente beaucoup de difficultés sous ce rapport ; sa légèreté est si extraordinaire, que c'est à peine si de nos jours on peut en approcher. Malheureusement tous les bijoux chinois pèchent essentiellement par la forme, par l'ornementation, par le goût. Les Génois exécutent aussi d'une manière remarquable, sous le rapport du travail matériel, les bijoux en filigranes, mais on doit leur adresser le même reproche qu'aux Chinois, ils manquent de goût et de variété.

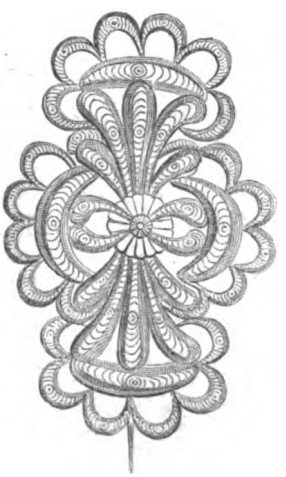
C'est en France que ce genre de bijoux est le mieux réussi. Au lieu de laisser le *filigrane* proprement dit faire tous les frais de l'ornementation, aussi bien que de la charpente du bijou, les artistes français ont appelé à leur aide les ornements brunis, les émaux, les ors de couleur, le guilloché, la gravure, les dessins de toute nature ; aussi ils sont arrivés à embellir, à varier de tant de manières ce bijou, que partout on le préfère maintenant, quoiqu'il soit encore un peu moins léger que celui des Génois et des Chinois. Pour la bijouterie comme pour les bronzes et tous les arts d'ornement, la France est aujourd'hui le premier pays de la terre ; nulle part le goût des formes, la délicatesse de la main-d'œuvre, l'élégance, la grâce et la variété des dessins, ne sont portés à un si haut degré de perfection. C'est ce qui lui donne une prépondérance marquée, et une supériorité réelle sur toutes les autres nations.

Les dessins représentés par les fig. 2059 et 2060, montrent les différences essentielles qui existent entre le filigrane français et le filigrane chinois ou génois. Longtemps on l'a fait chez nous de ce dernier genre ; on l'a rendu plus séduisant en y introduisant les ornements que l'on voit fig. 2060.

Le filigrane proprement dit est un bijou dont l'ornementation, qui dans un autre genre serait faite en *plané* d'or uni ou gravé, est exécutée au moyen de deux fils d'argent ou d'or, très fins, tordus ensemble de manière à imiter une corde d'une grande ténuité. A l'œil nu, cette corde semble être un fil gravé. On contourne ce fil à l'aide de tenailles de diverses formes, et de différents autres outils que l'ouvrier invente à chaque instant, et l'on parvient à former ce travail intérieur, merveilleux par sa petitesse, dont nous plaçons deux dessins sous les yeux de nos lecteurs. Chez les Génois et chez les Chinois, l'ornementation est due uniquement à ces contournements multipliés, ainsi que le montre la broche, fig. 2059 ; chez nous elle est complétée par un grand nombre d'accessoires (fig. 2060). A, est un oiseau estampé en quatre parties *d*, le corps, la queue et les ailes (fig. 2064). Sur ces pièces sont ajoutées de petites parties en ors de diverses couleurs, rouge, vert, blanc et jaune ; ces petites parties sont ciselées de manière à imiter les plumes ; ce travail produit le plus charmant effet. Les pièces B sont toutes en filigrane proprement dit ; elles sont faites séparément de la manière suivante. Nous donnerons nos explications en prenant pour exemple la feuille du centre, les autres pièces étant obtenues par le même



2060.



2059.

procédé. On prend un fil que l'on contourne de manière à lui donner la forme de la feuille *d* (fig. 2061), dont on soude les extrémités. En E (fig. 2062), sont représentés de petits ornements en fil tourné que l'on place en divers sens, à l'aide d'un petit pinceau et de gomme, sur une tôle extrêmement mince, où est déjà fixé le fil *d* précédent. Quand on a ainsi bâti à plat, on fait sécher la gomme ; toutes les parties adhèrent légèrement les unes aux autres. On humecte alors de borax dissous dans l'eau, et on couvre légèrement de soudure en limaille. On porte à la lampe, et on obtient une feuille qui se détache de la tôle et se trouve être à jour comme une passoire ; elle est cependant assez solide, car toutes les parties étant réunies par la soudure ne forment plus qu'un seul tout. On termine en donnant le mouvement à cette feuille comme si elle était d'un seul morceau de plané, et on obtient la feuille 7 (fig. 2063). Ce travail est, comme on voit, fort minutieux, et par conséquent il demande beaucoup de temps. Ce n'est qu'après une longue habitude que l'ouvrier peut le faire à bon marché. Les pièces indiquées par la lettre *c* (fig. 2060) sont de petites boules faites au moyen de deux coquilles soudées l'une à l'autre ; ces pièces sont unies et brunies. Leur éclat fait le meilleur effet à côté des parties de filigrane B, et des ors de couleur *d*. Toutes ces pièces, c'est-à-dire les quatre parties (fig. 2064) de l'oiseau A, les filigranes B, les boules *c*, sont ensuite réunies et groupées ensemble de la manière la plus avantageuse et la plus gracieuse, et comme nous l'avons expliqué, soit pour les autres bijoux, soit pour la joaillerie.

Malgré tous les avantages incontestés du filigrane français, il trouvait une rude concurrence dans le filigrane génois ou chinois. Ce dernier, à cause du bas

Digitized by Google

prix de la main-d'œuvre, était vendu beaucoup meilleur marché que celui provenant de Paris, où la *façon* est très chère. Le travail mécanique, qui fait vite et à bon marché, pouvait seul rétablir la balance ; il a été introduit dans la fabrication du filigrane. On commença d'abord par tourner un fil sur un petit mandrin rond; on coupa ensuite le fil placé sur le mandrin, le long d'une arête du cylindre constituant ce mandrin ; il en résulta de tout petits anneaux qu'on plaça dans les feuilles, comme les ornements 8 (fig. 2065), et l'on obtint ainsi un filigrane nouveau très joli, très commode, et bien meilleur marché que le premier.

Ce genre fut très goûté pendant plusieurs années, mais on finit par s'en lasser. La nécessité de faire encore à meilleur marché, si c'était possible, donna l'idée d'employer la toile métallique. On ne faisait jusqu'alors que de la toile de cuivre; on fit de la toile d'or et d'argent, et on s'en servit pour remplacer les anneaux. Ce genre de filigrane 9 (fig. 2066) revient à meilleur marché que celui a anneaux, parce qu'un ornement, de quelque grandeur qu'il soit, est couvert en



2062. 2061. 2063. 2065. 2066.

un instant par la toile, tandis que les anneaux avaient besoin d'être soudés les uns aux autres, et ensuite soudés au fil du contour ; la toile n'est soudée qu'à ce dernier.



2064.

Ce genre présente pour la fabrication un tel avantage, que bien qu'il date de dix à douze ans, on l'emploie encore le plus souvent.

Le besoin toujours impérieux en France de faire du nouveau, a encore donné naissance à un genre différent des trois genres que nous venons déjà de décrire; c'est l'imitation du filigrane de Gênes, par le moyen du découpoir et de l'emporte-pièce. Ce genre revient à très bon marché, mais il faut convenir qu'il fournit des objets moins jolis que lorsque l'ouvrier peut mettre un peu de sa fantaisie et de son goût dans des produits essentiellement capricieux de forme et d'aspect.

Tous ces genres de filigrane sont sortis des ateliers de M. Christofle, qui le premier en dota l'industrie. A l'exposition de 1839, il avait exposé cinq petits oiseaux d'argent dont l'exécution était parfaite, mais avait coûté des peines infinies. Chaque oiseau, copié d'après nature sur des colibris, pesait à peine 4 grammes 1/2, c'est-à-dire que la matière ne valait que 1 fr.; la façon s'élevait pour chacun à 250 fr. Ces bijoux, contrairement à la plupart des joyaux, n'ont donc guère d'autre valeur que celle qui leur est donnée par le travail exquis de l'artiste. Pour nous, cette dernière valeur est plus précieuse que celle du plus beau diamant.

§ 9. *Bijouterie de corail.* — Quelque riche et agréable que soit la couleur du corail, son emploi dans les parures européennes et, par suite, son cours et ses débouchés sont soumis aux caprices de la mode : tantôt le commerce suffit à peine aux demandes, et tantôt les magasins sont encombrés de ce produit. Il n'y a en France que trois fabriques de corail; elles sont situées à Marseille; elles emploient 350 ouvriers, dont 225 à Marseille, 90 à Cassis et 35 à Aix. La pêche du corail se fait, comme on sait, dans les eaux de la Méditerranée, particulièrement sur les côtes d'Afrique, dans le détroit de Messine et les eaux des îles de l'Archipel; 300 bateaux montés de 3.000 marins alimentent les fabriques de Marseille. Ces marins sont tous des Italiens ; autrefois c'étaient des pêcheurs des ports de Marseille et de Cassis : ces derniers ont renoncé à une industrie trop peu lucrative en présence de la concurrence que leur faisaient les pêcheurs étrangers. On se sert pour cette pêche de triangles ou de barres en fer disposées en croix, portant un filet aux extrémités de chacune des branches ; au milieu de cet instrument est fixée une grosse pierre, à laquelle est attachée une corde assez longue pour qu'on puisse le promener au fond de la mer. Par ce moyen, on détache le corail de sa gangue ; on le brise, et ramène les morceaux à la surface. On estime moins les coraux dont les polypes n'existent plus, et qui ont servi d'attache à plusieurs autres animaux marins. On dépouille le corail vivant de son écorce charnue, et l'on met à nu son axe pierreux ; on donne ensuite à celui-ci, par des procédés mécaniques analogues à ceux usités dans la taille de toutes les pierres, la forme et le poli qu'on désire.

Les actes de la compagnie des concessions en Afrique font remonter au quinzième siècle l'établissement de l'industrie de la taille et de la mise en œuvre du corail à Marseille; ils évaluent ses produits à 5 millions de francs par an. Cette industrie avait dès lors pour rivales les fabriques de Naples. Pendant la révolution, elle tomba entièrement pour ne se relever que sous le gouvernement impérial ; elle mena, sous la restauration et jusque vers 1835, une existence assez précaire. Depuis cette époque seulement, son succès paraît établi, grâce au perfectionnement des procédés apportés dans la fabrication par les deux principales maisons qui s'occupent de ce genre d'industrie, celles de M. Barbaroux de Mégy et de MM. Bœuf et Garaudy. Ces maisons fabriquent aussi bon marché que les fabriques italiennes, et leurs produits sont bien supérieurs sous le rapport du goût et de la forme.

D'après les relevés des douanes pour 1843, les fabri-

Digitized by Google

ques de Marseille ont reçu 6.654 kilogrammes de coraux bruts, réduits en coraux ouvrés à 2.352 kil.

Dont pour le commerce intérieur. .	500
Et pour l'exportation.	1.852

Les 2.352 kilogrammes de corail ouvré peuvent être évalués à. . . . . 1.170.000 fr.

Dont pour l'intérieur.	570.000
Et pour l'étranger	900.000

La bijouterie de corail se bornait autrefois à la façon des grains ronds et des olivettes; aujourd'hui les fabriques de Marseille font une foule d'objets de toute espèce, le corail perlé et le corail à facettes, les camées, les sujets de ciselure les plus variés, les objets les plus capricieux.

Les objets connus sous les noms de *grossesse*, *mezzanie*, *capuresti* et *ordini* sont des grains de différentes grosseurs enfilés et réunis en un nombre de fils plus ou moins grand. Ces objets ont leur principal débouché en Russie, où l'on en fait des colliers; en Turquie et dans le Maroc, où ils doivent nécessairement accompagner dans la tombe le musulman que ses parents croiraient sans cela livré au mauvais génie, dans l'Inde, où ils servent à compter les prières du bramine et du faquir; de là ils se répandent en Chine, où ils sont très recherchés. Madagascar offre aussi à nos fabriques un débouché important; les chefs malgaches en font leur principal ornement, soit sous forme de colliers, soit sous forme de bracelets.

Les objets connus sous le nom d'olivettes ou tuyaux de pipes, dont le nom indique suffisamment la forme, de masses pérettes, réunion de petits morceaux de corail en forme d'oursins, de massettes, petites masses de grains unis, constituent la principale exportation que nos fabriques font au Sénégal, en Guinée, dans la Gambie et dans le Brésil. L'Afrique fait aussi une grande consommation de ces objets, qui sont la parure favorite des négresses.

Les objets de fantaisie et d'art, les camées, etc., sont surtout destinés à la consommation intérieure ou au moins européenne.

§ 10. *Bijouterie et travail ou mise en œuvre des matières à faire les camées.* — Le travail et la mise en œuvre des matières à faire les camées constituent certainement une industrie importante, quand on le considère sous le point de vue de l'art; mais ses produits sont trop peu nombreux pour que nous puissions lui accorder beaucoup de place. Nous emprunterons seulement quelques détails au rapport de M. Héricart de Thury sur la dernière exposition de l'industrie. « Les anciens, dont les chefs-d'œuvre en tous genres, dit ce savant et digne appréciateur des productions à la fois industrielles et artistiques, prouvent avec quelle perfection ils exerçaient et cultivaient la statuaire et la sculpture, nous ont laissé en agates, sardoines, onyx, jaspes, nicolos, et autres pierres précieuses, des témoignages irrécusables de la haute supériorité à laquelle, dans les temps les plus reculés, était parvenue la lithoglyptique, l'art de graver les pierres dures en creux ou en relief pour en faire ces précieux camées, dans lesquels l'habileté des artistes savait profiter des accidents et des couleurs des pierres, pour produire les délicieux et charmants effets qui donnent une si haute valeur aux sujets, têtes, figures ou groupes représentés sur ces pierres, dont on voit de riches collections dans les musées de Rome, de Naples, de Paris, de Vienne, etc.

« Le prix élevé des camées, la rareté des agates onyx ou rubanées, leur dureté, la difficulté de répondre aux demandes des amateurs et des joailliers-bijoutiers, ont fait chercher, il y a déjà longtemps, les moyens d'imiter artificiellement les camées, et, après bien des tentatives, on a reconnu que la coquille marine, *le grand casque des Indes orientales*, dont le test présente des couleurs blanches, roses, jaunes, brunes, etc., était la matière la plus favorable pour la confection des camées artificiels, cette belle substance étant par sa nature assez dure pour résister au frottement.

« Cette industrie a longtemps été exploitée avec succès à Rome, qui en fournissait les collections d'amateurs et tous les bijoutiers de France, d'Angleterre et d'Allemagne.

« D'après le succès des camées de Rome, quelques essais ont été tentés en France. Les plus remarquables furent ceux des concours ouverts par l'Académie des Beaux-Arts de l'Institut, et on se rappelle qu'à la suite de l'un de ces concours l'Académie mit sous les yeux de Napoléon un grand camée de sardoine onyx le représentant en costume impérial, et qu'il en fut si satisfait qu'il ordonna que l'artiste fût dignement récompensé, et mis en état de former une école de glyptique, dans laquelle de jeunes sourds-muets apprendraient la gravure en creux et en relief sur pierres dures.

« Les guerres dans lesquelles Napoléon s'engagea, les désastres qui les suivirent, ne lui permirent malheureusement point de donner suite à ses bienveillantes et généreuses intentions. De son côté, l'Académie des Beaux-Arts ayant cessé ses concours, les essais de nos artistes furent abandonnés, et les ateliers de Rome, de Florence, de Venise et de Naples continuèrent seuls à prospérer et à répandre partout les camées. Dans ces dernières années cependant, à la demande de quelques-uns de nos premiers bijoutiers, plusieurs jeunes graveurs ont tenté de nouveaux essais, en prenant pour modèles les plus beaux camées antiques, et les succès de quelques-uns d'entre eux ayant outrepassé leurs espérances, ils ont formé des ateliers de lithoglyptique. Ainsi, et grâce aux efforts de MM. Michellini, Weiss-Muller, Lalondre, Salmsonn, etc., nous pouvons nous flatter de voir bientôt l'art de la gravure en pierres fines et pierres dures se relever parmi nous.

« Quant à la gravure des camées de coquilles, elle est aujourd'hui exercée en France avec le plus grand succès, et nous dirons même avec autant de talent et de perfection qu'en Italie. Ainsi les camées de MM. Albita-Titus, Reynaud, Lamant, Blanchet, de Grégory, Bertoux de Marseille, etc., soutiennent la comparaison avec ceux des plus habiles caméistes de Rome. » Les camées français ont, du reste, dès ce moment, un avantage marqué sur les camées romains; ils sont sensiblement moins chers. Cette modicité de prix tient à l'introduction du tour à portraits dans cette fabrication; le tour permet de pousser rapidement, et à peu de frais, les ébauches jusqu'à un point extrêmement avancé; l'artiste n'a plus que le dernier fini à donner.

§ 11. *Bijouterie en mosaïque.* — Il y a peu d'années que l'on a essayé à Paris un genre particulier de mosaïque, celui de la mosaïque fine de la bijouterie, exploitée avec tant de succès à Rome et à Florence, d'où l'on nous apportait tous ces charmants sujets d'épingles, de plaques de colliers, de broches, de boîtes, de tabatières et de tableaux. Le succès obtenu fait espérer les plus heureux résultats; il sera dû à M. Philippe, artiste mosaïste, élève de l'école de M. Belloni, de cette école que Napoléon fonda dans l'espoir de doter la France d'une industrie nouvelle, jusqu'alors l'apanage de l'Italie et surtout de Florence, où les puissants encouragements des grands-ducs de Toscane ont fait arriver la mosaïque de marqueterie à un haut degré de splendeur.

La mosaïque appliquée à la bijouterie est exploitée avec le plus grand succès par M. Morel, dont les produits ont été particulièrement remarqués à l'exposition de 1844. Cette mosaïque se fait avec de petits dés ou cubes de pierres naturelles de diverses couleurs, agates

Digitized by Google

jaspes, etc., etc., taillés et polis, ou bien avec des émaux également taillés et polis. Les cubes sont fixés dans un ciment, de manière à représenter des oiseaux, des fleurs, des fruits, des feuillages et une foule d'autres objets.

On connaît deux sortes de ciments : 1° un ciment qui durcit facilement, qui est blanc, et qui se prépare avec 1 p. de chaux éteinte et 3 p. de marbre pulvérisé, dont on fait une pâte avec de l'eau et du blanc d'œuf; 2° un ciment qui met une vingtaine de jours à durcir qui doit être employé pour les ouvrages de longue haleine, et qui se compose de 1 p. de chaux éteinte et de 3 p. de pierre travertine pulvérisée, qu'on pétrit avec de l'huile rendue siccative par de la litharge. On pratique quelques sillons dans la matière sur laquelle on veut appliquer la mosaïque, afin d'y fixer le ciment.

Les émaux sont divisés en cubes d'une grandeur proportionnée aux dimensions des objets qu'on veut produire. Ces émaux, dont on trouvera la composition chimique à l'article ÉMAIL, sont coulés sur une table de marbre; on applique par-dessus un autre marbre, de sorte que la substance se forme en gâteaux d'une épaisseur bien égale. Ces gâteaux sont polis avec de l'émeri sur une roue horizontale en plomb; ils sont ensuite divisés au moyen d'un marteau et d'une enclume d'acier appelée *taglulo*, et qui est taillée en biseau.

§ 12. *De l'emploi des perles.* — On varie considérablement l'emploi des perles dans la bijouterie : tantôt on en fait des colliers, des bracelets, des diadèmes; tantôt on les scie en deux, et on les sertit, en les appliquant sur leur plat, de manière à former des cercles, des chiffres et autres dessins. Le commerce recherche beaucoup les perles fines; les Orientaux les estiment même plus que les diamants; mais en Europe, selon les temps, selon les lieux, la mode leur donne un prix extrêmement variable. Lorsque les perles sont grosses, sphériques, et qu'elles réfléchissent la lumière en la décomposant avec vivacité, on en fait beaucoup de cas, même en joaillerie. Malheureusement, les plus belles perles, sans qu'on en connaisse la raison, sont sujettes à perdre tout à coup le bel *orient*, c'est-à-dire la beauté de leurs reflets irisés, qui en fait tout le prix. On se sert depuis longtemps des perles artificielles que l'on fait aujourd'hui avec une telle perfection qu'il est souvent impossible à l'œil le plus exercé de distinguer les perles fausses mélangées aux perles vraies dans les parures du plus grand prix. L'abondance des perles que la mode a parfois amenées dans les toilettes a fait naître cette perfection d'imitation. On peut juger par la quantité de perles qu'on voit dans certains tableaux et portraits des quatorzième et quinzième siècles, qu'il aurait été bien difficile que les personnages représentés dans ces tableaux eussent pu réunir autant et d'aussi belles perles, si l'art n'était, dès cette époque, venu au secours des perlières naturelles d'Orient ou d'Occident, qui n'auraient jamais pu suffire à de telles exigences. Il est assez remarquable, du reste, que les Indes nous renvoient des perles naturelles en échange de nos perles artificielles de Paris. Quant aux perles, boutons, broches, etc., en verre coloré, transparent ou opalin, de toutes formes et de toutes couleurs, qui constituent la verroterie, leur fabrication, dit M. Péligot dans son rapport sur l'exposition de l'industrie autrichienne, en 1845, est, pour ainsi dire, le monopole de la Bohême, surtout à cause du bas prix fabuleux auquel elle livre ces objets. Cette fabrication, concentrée aux environs de Liebenau et de Gablonz, est alimentée par trois verreries et occupe environ 10,000 ouvriers. Malgré la prohibition qui frappe ces produits, le marché français en est approvisionné par la contrebande.

§ 13. *Des perles de roses de Turquie.* — La Turquie fait un assez grand commerce d'une composition connue sous le nom de *perles de roses*. Nous allons indiquer en peu de mots, d'après le *Manuel Roret*, comment se fait cette composition qu'il est facile d'imiter partout. Il ne s'agit que de prendre des pétales de roses fraîches, et de les piler avec soin dans un mortier de fonte bien poli, jusqu'à ce qu'elles soient bien écrasées et qu'elles forment une pâte unie. On étend cette pâte sur une tôle, et on la fait sécher à l'air. Quand la pâte est presque sèche, on la pile de nouveau avec de l'eau de rose; on répète cette opération jusqu'à ce que la pâte soit devenue très fine. Alors on lui donne la forme qu'on désire, soit avec les doigts, soit avec une machine assez semblable à celle qui sert à couper les pilules. On perfore ensuite la pâte afin de pouvoir passer un ruban dans les espèces de perles qu'on en a fabriquées. On peut aussi la mouler et en composer divers objets propres à faire des bracelets. La pâte est de nouveau séchée, et elle devient très dure. Les perles sont polies, et enfin arrosées et frottées avec de l'huile de roses qui leur donne plus d'odeur.

La pâte des feuilles de roses ainsi préparée prend une couleur noire très prononcée due à l'acide gallique qui se combine dans les roses avec le fer. On y mêle souvent, outre l'huile de roses, du storax et du musc pour rendre les perles plus odorantes. Leur couleur noire relève assez bien la couleur de la peau des femmes, c'est ce qui explique, avec leur forte odeur tant aimée des Orientaux, leur succès dans les parures.

§ 14. *Bijouterie de deuil.* — « Anciennement faite, dit le rapport du jury de l'exposition pour 1844, avec le lignite jais ou jayet, auquel on a renoncé à cause de son peu de durée et de sa friabilité, la bijouterie de deuil se fait aujourd'hui en verre noir, en émail noir, en fonte, en acier, fil de fer, etc. On compte, dans Paris, plus de quarante fabriques qui font cette bijouterie, et qui occupent ensemble plus de quatre cents ouvriers intérieurement, et au moins autant en dehors des ateliers. » Les bijoux de deuil de la fabrique parisienne, remarquables par l'élégance et le bon goût des dessins, ont obtenu un très grand succès et sont très recherchés en France et à l'étranger à raison de la modicité de leurs prix. Ils revêtent toutes les formes les plus élégantes de la bijouterie, celles de bouquets, broches, pendants d'oreilles, boucles, peignes, etc. Le verre noir taillé en cristaux, perles, plaques, etc., est monté sur de la tôle vernie et y est attaché au moyen d'un mastic qu'on ramollit par la chaleur de la lampe à esprit-de-vin.

On taille encore et polit le jayet pour quelques bijoux de deuil et pour divers ornements qui sont exportés en Espagne, en Allemagne, dans le Levant, et en Turquie. Ce travail se fait surtout à Sainte-Colombe, au moyen de meules mises en mouvement par l'eau; le centre de ces meules est uni et la circonférence raboteuse; par cette disposition, on taille et polit le jayet sur la même meule. On donne la préférence au jayet provenant d'Espagne où il est entremêlé avec le succin.

§ 15. *Du bijou doublé et du bijou doré.* — En parlant du bijou creux nous aurions pu ajouter que, depuis quelques années, on fait du bijou doublé, c'est-à-dire du bijou dont l'intérieur est en cuivre et l'extérieur en or. Ce genre de bijoux, dont les formes sont fort restreintes, se fait maintenant si mauvais, qu'il se vend à raison de 25 francs les 30 grammes, matière et façon. Cette fabrication est un malheur pour le commerce de la bijouterie, parce qu'on se sert du bijou doublé pour tromper impudemment l'acheteur; on le vend non pour ce qu'il est, mais bien pour de l'or. Cela peut jeter quelque défaveur sur le bijou français qui a acquis, sous le rapport du titre, une célébrité jusqu'à ce jour bien méritée.

La fabrication du bijou en cuivre, dit bijou doré, bien préférable au bijou doublé, et destiné d'ailleurs à satisfaire aux mêmes besoins, a fait de son côté des progrès remarquables, et s'est élevée dans ces derniers temps

Digitized by Google

à un haut degré de perfection. L'innombrable quantité de bijoux que l'on fait du même modèle permet de mettre la façon à très bas prix. C'est un immense avantage que possède cette fabrication sur celle de la bijouterie d'or. Au reste, le bijou en cuivre, quoique bon marché, revient toujours cher, en ce qu'il se détériore si facilement qu'il ne peut bientôt plus passer aux yeux les moins experts, que pour ce qu'il est.... du faux. Une bonne fabrication seule pourrait soutenir cette industrie qui, après une grande prospérité, décline rapidement, ainsi que nous l'avons dit dans les généralités où nous avons essayé de faire comprendre les catégories diverses à introduire dans la bijouterie.

SECTION III. DE L'ORFÈVRERIE.

De la description des procédés de fabrication des divers ornements faits de matières précieuses dont se parent les personnes, nous passons à l'orfèvrerie proprement dite, qui a pour fonction l'ornementation des édifices sacrés ou profanes et des habitations particulières, surtout dans les moments de pompe et de réception. Pour les édifices sacrés, l'orfèvrerie fabrique, comme le dit le moine Théophile dans son *Essai sur divers arts*, DIVERSARUM ARTIUM SCHEDULA, ouvrage qui remonte au moins au treizième siècle : « les calices, les candélabres, les encensoirs, les vases des saintes huiles, les burettes, les châsses des reliques saintes, les croix, les missels et autres objets qu'une utile nécessité réclame pour les usages de l'église, sans lesquels les divins mystères ni le service des autels ne peuvent s'accomplir. » Pour l'ornementation des palais et des édifices, l'orfèvrerie fabrique les coupes, les vases, les candélabres, etc., destinés à décorer les cheminées que et l'on donne en prix dans les courses; les miroirs, les corbeilles de mariage, qui se trouvent dans les riches boudoirs; la vaisselle plate ou montée, les couverts, les emmanchements des couteaux, les corbeilles de fruits, les théières, les plateaux, les seaux à rafraîchir, et tant d'autres objets destinés au service de la table. Nous ne pouvons pas avoir pour but, dans cet article, de décrire avec détail les procédés que suit l'orfèvre pour fabriquer tant de produits divers. Nous devons nous borner à poser des principes généraux, et à indiquer les perfectionnements nouvellement introduits dans cette industrie. Nous commencerons donc par quelques considérations générales sur la direction que nous voudrions voir prendre aux orfèvres; nous parlerons ensuite des styles trop souvent confondus, de l'emploi des nielles et des émaux trop rarement employés, et enfin de la fabrication mécanique de certains objets, fabrication tout à fait renouvelée dans ces dernières années.

§ I. *Du véritable but de l'orfèvrerie.* — Toutes les productions de l'orfèvrerie doivent être envisagées sous deux aspects bien différents, mais qu'il ne faut jamais perdre de vue dans leur appréciation. L'art et l'industrie sont ici intimement liés l'un à l'autre. Les procédés industriels doivent intervenir pour diminuer les frais de la façon de l'objet brut et permettre d'augmenter la richesse de l'ornementation. Il faut diminuer la quantité de la matière première afin de reporter un excès de valeur intrinsèque sur le travail artistique et l'employer à donner aux objets des formes élégantes et poétiques; on doit se garder cependant de faire une économie mesquine qui consisterait à retrancher tellement sur l'or, sur l'argent, ou sur les pierres précieuses que les formes deviendraient grêles, manqueraient de solidité et finiraient par perdre un certain aspect monumental réclamé par la plupart des produits de cette industrie : on doit ajouter au prix du métal ou de la pierre, quelle que soit leur rareté, le prix du travail intelligent mille fois plus précieux.

S'il y a une industrie qui doive être jugée sous ce point de vue, c'est sans contredit celle qui a pour but unique la création d'objets de luxe devant rehausser la splendeur des temples ou des palais, la richesse d'une table, la magnificence d'un salon. Les produits des autres industries doivent être appréciés d'une manière toute différente; il faut qu'on tienne compte du rapport qui existe entre le prix de revient des objets et les usages auxquels ils sont destinés. Ce rapport est nécessairement déterminé par l'état de fortune de ceux qui peuvent en devenir les acheteurs. Vouloir juger les produits industriels ordinaires d'après l'apparence extérieure, la forme, la finesse, le dessin, c'est s'exposer à ne commettre qu'erreurs sur erreurs. Mais il n'en est plus ainsi, lorsqu'on est appelé à apprécier les riches objets que fabriquent l'orfèvre, le joaillier, le bijoutier, le graveur, le statuaire, avec les rares produits que les hommes arrachent aux entrailles de la terre. Cependant, il ne faut faire passer ces observations à l'état de règles que dans une certaine mesure; il est important que les produits de l'orfèvrerie, comme les produits de tous les arts, puissent arriver, pour ainsi dire, dans toutes classes de la société, ou soient au moins abordables par les fortunes médiocres. Mais cette sorte de diffusion des objets de cet art ne doit point s'opérer, comme cela a eu lieu jusqu'à ces dernières années, par suite de la suppression de toute la partie artistique. Les riches services de table, les ornements en or, en argent, les pierres précieuses ne doivent pas être regardés comme une sorte de caisse d'épargnes ne donnant pas d'intérêts. On conçoit toute la fausseté de cette voie prise par l'orfèvrerie, dont les produits ne procurent alors qu'une jouissance de sotte vanité : *Vous voyez que je suis riche, j'ai de l'or.* C'est, au contraire, le goût des belles formes, c'est l'élégance, la grâce, le sentiment de l'art que les produits de l'orfèvrerie doivent conserver en devenant meilleur marché, afin d'importer avec eux toutes les jouissances que leur contemplation procure dans des classes jusqu'alors déshéritées, et la diminution de valeur doit provenir d'une économie bien entendue de la matière première. C'est ainsi que l'abandon du massif pour le creux est un progrès, que l'invention du plaqué peut être un bienfait, que les nouveaux procédés de dorure et d'argenture par l'électricité peuvent rendre des services signalés, que l'estampage, le moulage, tous les procédés mécaniques empruntés aux industries d'imitation, réalisent dans l'orfèvrerie une révolution heureuse, digne de tous les encouragements des véritables amis des arts.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces considérations, à notre avis, d'une haute importance. Nous en avons dit assez pour faire comprendre le point de vue auquel l'orfèvre doit se placer. Nous terminerons en citant un seul exemple pour montrer ce que nous désirerions toujours à un degré plus ou moins prononcé dans un objet sorti des ateliers d'un orfèvre. On a pu voir à la dernière exposition une charmante coupe en agate supportée par un cep de vigne, que nous prenons au hasard parmi les objets remarquables exposés par M. Froment Meurice. Le soc n'est pas un simple pied riche par l'argent, l'or, les pierres précieuses dont il est composé; l'anse n'est point simplement une anse d'argent massif. Non, au pied de l'arbre, on distingue trois groupes : l'ivresse grossière représentée par Silène; le vin rêveur inspirant un jeune poëte; le vin tendre se joignant à l'ivresse de l'amour pour combler les joies de deux jeunes amants. La Raison humaine, représentée par une belle et voluptueuse femme, est couchée sur l'anse; elle se laisse endormir par les vapeurs du nectar qui s'exhalent de la coupe, enlacée qu'elle est par des amours qui montent aussi vers la source enivrante. Ainsi l'on voit, à côté d'une grande habileté de mise en œuvre, les inspirations du poëte, et cependant il y a sobriété d'ornements; chaque groupe, chaque détail s'explique par la nature et la destination de l'objet qu'il concourt à décorer.

Digitized by Google

§ 2. *Des divers styles d'orfèvrerie.* — Le *style* en orfèvrerie, comme dans tous les arts, indique ce qui forme le trait caractéristique du goût local de chaque pays, du goût spécial de chaque époque. Il sera, d'après cette définition, inutile de nous étendre sur les divers styles rencontrés dans l'orfèvrerie des différents siècles; il suffira de dire qu'on y retrouve tous les caractères des autres arts contemporains, et surtout de l'architecture et de la décoration en général.

Dans l'orfèvrerie grecque et romaine, on retrouve la simplicité de composition, les lignes nettes et pures de l'art antique. Nos musées en offrent de nombreux modèles.

L'orfèvrerie byzantine, comme l'architecture des empereurs d'Orient, affecte des formes moins sévères, moins pures, moins classiques enfin que l'orfèvrerie antique. On y voit plus de spontanéité, de liberté et d'abandon dans les formes, moins d'étude, de calcul dans la combinaison des lignes. Mais, en revanche, une grande recherche de richesse matérielle caractérise l'orfèvrerie du *style byzantin*. On trouve à la Trésorerie d'Aix-la-Chapelle des produits de ce style, qui datent du temps de Charlemagne, et qui pourraient servir de modèle aux artistes de nos jours.

Pendant le *moyen-âge*, l'orfèvrerie brille particulièrement dans la fabrication des châsses, des reliquaires, des tabernacles, des ostensoirs, des chandeliers, des retables d'autels, des crucifix, etc. Les châsses, les tabernacles et quelquefois les reliquaires reproduisent le plus souvent les formes des églises, et suivent, par conséquent, les évolutions de l'art-matrice, l'architecture. Ainsi, jusqu'au milieu du douzième siècle et quelquefois plus tard encore, les arcatures et les baies sont en plein cintre, les figures sont très allongées, avec peu de hanches; les plis des draperies sont verticaux, roides, parallèles et serrés; les poils et les cheveux finement indiqués; les costumes ornés d'une étonnante profusion de bijoux; c'est aussi de cette manière que sont faits les principaux membres de l'architecture de ces petits monuments que représentent les châsses, les tabernacles, etc.; ils sont en outre couverts de bijoux, et on retrouve partout les quatre clous de la croix du Sauveur.

Plus tard, l'ogive remplace le plein cintre; les figures se raccourcissent; les formes un peu lourdes sont plus voisines des proportions humaines, et ce mouvement de contraction se poursuit si bien que, vers la fin du quinzième siècle, elles sont tout à fait trapues. Les figures du *style gothique*, au treizième siècle, ont des draperies très amples, des plis peu nombreux, mais affectant toujours un peu le mouvement vertical. Le faire de ces figures est beaucoup plus large que celui des figures du style byzantin.

A la *Renaissance*, l'imagination des artistes orfèvres prend un nouvel essor; de religieuse qu'elle avait été, l'orfèvrerie se fait profane. Elle étudie et cherche à reproduire les formes du style antique, mais l'habitude des riches décorations de l'art ogival des quatorzième et quinzième siècles donne à ces imitations un reflet du gothique. Les rameaux de feuillages, de fruits et de fleurs sont répandus avec profusion sur les vases, les boucliers, les poignées d'épée et de poignard, etc. Les orfèvres sont d'habiles sculpteurs; ils reproduisent les formes du corps humain avec autant de facilité et de pureté que celle des végétaux. C'est aux orfèvres que nous devons l'invention de la gravure; c'est à eux, et particulièrement à Benvenuto Cellini (1), le grand orfèvre florentin, que nous devons les progrès que fit, à cette époque, l'art du fondeur en bronze.

(1) Benvenuto Cellini nous initie dans ses mémoires à de curieux détails sur l'état de l'art du fondeur en France et en Italie au commencement du seizième siècle; il a publié un traité de l'art du fondeur en bronze qui servit pendant fort longtemps de *vade mecum* aux gens de profession.

A partir de la Renaissance, ou plutôt du commencement du seizième siècle, l'art de l'orfèvre se décompose en plusieurs branches; la partie technologique se trouve moins intimement liée à la partie artistique. Les procédés de fabrication se perfectionnent, deviennent plus savants et réclament tous les loisirs de ceux qui s'y consacrent, et alors la composition des modèles est plus souvent l'œuvre d'artistes étrangers à la fabrication.

L'orfèvrerie a montré au dix-huitième siècle la flexibilité de sa nature en se pliant à tous les caprices du genre *rocaille*. On trouve des pièces d'orfèvrerie du temps de Louis XV, qui sont ravissantes de fantaisie et de caprice. Rien de régulier; les formes les plus anti-géométriques possibles; les lignes, les surfaces ondulées, contournées, insaisissables, indescriptibles.

Aujourd'hui, l'orfèvrerie, obéissant comme toujours aux dictées de l'architecture, affecte successivement tous les styles du passé, et même bien des styles bâtards complétement inconnus de nos pères, et que nous serions fort heureux de ne pas connaître davantage.

§ 3. *Des nielles.* — L'art de nieller, dit M. Vitet (*Études sur les beaux-arts*, t. I, p. 256), qui était fort en usage durant tout le moyen-âge, mais qui fut abandonné vers le temps de Louis X, consistait à étendre dans les tailles d'une gravure exécutée sur l'or et sur l'argent une composition métallique, espèce d'émail noirâtre, appelé en latin, à cause de sa couleur, *nigellum*, et en italien *niello*; cet émail, qu'on fixait en le mettant en fusion, était ensuite poli avec le reste du métal. L'argent et l'or devenaient brillants dans toutes les parties que le burin n'avait pas entamées; partout, au contraire, où il avait tracé le moindre sillon, le nielle en remplissait le creux, et par sa couleur noire faisait ressortir vivement le dessin de la gravure, ce qui produisait à peu près le même effet qu'un dessin au crayon noir tracé sur vélin. La niellure était employée pour exécuter des arabesques et autres ornements délicats; on s'en servait aussi pour faire des portraits ou même de petites compositions historiques dans des proportions qui n'excédaient pas celles de nos miniatures. Ces espèces de médailles étaient ensuite incrustées sur des calices, sur des reliquaires ou sur des couvertures de livres d'autel; on en décorait aussi des meubles et des bijoux. »

Les recettes pour pratiquer le nielle étaient connues avant le treizième siècle (1); au seizième, elles cessèrent d'être pratiquées. Après avoir été oubliée pendant trois siècles, la niellure vient de revenir à la mode; du moins c'est par un procédé analogue à celui des anciens nielleurs que se fabriquent aujourd'hui, à Paris et à Genève, certains bijoux ornés d'arabesques niellées, et particulièrement des montres, des tabatières, des boîtes à odeur, des bracelets et des épingles. Ce n'est qu'en 1830 que, grâce au prix proposé par la Société d'encouragement, cette ornementation pratiquée depuis quelque temps en Russie, fut introduite en France par MM. Wagner et Mention. Contrairement à la méthode ancienne, les gravures sur l'argent ou l'or sont pratiquées par des procédés mécaniques; on obtient des niellures bon marché, mais qui n'ont pas la variété, la fantaisie de l'antique.

On grave le dessin sur une plaque d'acier, on la trempe et on tire sur une plaque d'acier adouci au moyen de la pression du laminoir une épreuve en relief.

(1) Ces recettes se trouvent décrites avec détail dans l'ouvrage du moine Théophile, ouvrage que nous avons cité plus haut page 2971, et qui remonte au moins au treizième siècle. L'émail dont elles donnent la composition est composé des mêmes éléments que celui dont nous parlons ci-après, et n'en diffère que par les proportions, qui étaient de 6 parties d'argent, 2 p. de cuivre et 1 p. de plomb, avec une quantité de soufre suffisante.

Digitized by Google

Cette seconde plaque d'acier sert à imprimer sur l'argent le dessin en creux.

Le nielle est composé de 38 parties d'argent, 72 de cuivre, 50 de plomb, 36 de borax et 384 de soufre. On fond le soufre dans une cornue, l'argent et le cuivre dans un creuset, et on introduit le tout dans la cornue que l'on bouche exactement pour éviter l'inflammation du soufre; on ajoute le borax; quand il ne se dégage plus de vapeurs dans le col de la cornue, on verse la matière dans un creuset de fer, on la pulvérise et on la lave d'abord avec de l'eau renfermant un peu de sel ammoniac et ensuite avec de l'eau légèrement gommée. On applique le nielle, au moyen d'une spatule, sur la plaque préparée et on la porte à la moufle; aussitôt que le mélange est bien fondu sans soufflures, on retire la pièce du feu et on la polit; le métal reste à nu et les parties ombrées sont en émail dont la teinte opposée à celle de l'argent ou de l'or produit des effets remarquables.

§ 4. *De l'emploi des émaux.* — On doit distinguer dans l'application des émaux à l'orfèvrerie trois manières correspondant à trois époques bien distinctes : 1° *Emaux incrustés*, ou sortes de mosaïques dont les diverses parties au lieu d'être réunies à froid, étaient fondues et coulées par juxta-position du septième ou quatorzième siècle (1330); 2° *Emaux en apprêt*, ou coloration très superficielle du métal par les émaux du quatorzième à la fin du quinzième siècle (1330 à 1470); 3° *peinture en émail* sur émail cru, depuis la fin du quinzième siècle jusqu'à nos jours.

Nous extrairons les détails que nous allons donner sur ces trois manières d'appliquer les émaux à l'excellent mémoire de l'abbé Texier sur les argentiers et les émailleurs de Limoges (*Mémoires de la Société des Antiquaires de l'Ouest*, 1845). On sait que Limoges, où travaillait saint Eloi, est un des principaux et peut-être le premier des anciens centres de l'orfèvrerie française; Montpellier vient ensuite d'une manière incontestable; il a été prouvé en outre que Noyon et Rouen ont possédé d'importantes corporations d'orfèvres; enfin on ne saurait oublier Paris, car la capitale de la France a toujours été pour les arts un foyer d'activité pivotale.

Dans la première période l'émail était employé à l'embellissement des hanaps, burettes, aiguières, bagues, agrafes, colliers, poignées d'épées, couteaux, casques, boucliers, bahuts, fermoirs et couvertures de livres. Mais dans ces temps de primitive ferveur, il embellit surtout les instruments du culte et de la liturgie, calices, dyptiques, tombeaux, paix, navettes, candélabres, encensoirs, suspensoirs, retables, mitres, crosses, inscriptions votives, et principalement les reliquaires qui conservaient les ossements des fidèles honorés d'un culte public.

On le mit en œuvre de trois manières : comme fond de couleur encadrant des dessins gravés ou en relief; comme élément coloré destiné à former des ornements ou des figures; comme revêtement des figures en relief pour leur donner la valeur des sculptures coloriées de l'antiquité. L'émail se prêtant difficilement à se modeler sur les saillies et sur les creux de la ciselure, la dernière mise en œuvre fut plus restreinte et moins heureuse. Dans les deux premiers cas, des creux pratiqués presque toujours dans le cuivre reçoivent une incrustation d'émail dont l'épaisseur varie de 1 à 6 millimètres. Le métal, lorsqu'il vient affleurer à la surface, est doré. Le burin y a creusé des dessins représentant des figures isolées encadrées par des ornements d'architecture, et plus rarement des scènes composées. Les figurines en demi ronde-bosse remplacent souvent les dessins creusés dans le métal. Ces fonds monochromes en émail sont habituellement de couleur bleue.

Si l'émail est employé comme élément de peinture, un trait de cuivre doré vient affleurer à la surface, et forme les linéaments principaux du dessin, les contours et les tiges des fleurs, le trait des figures et les lignes principales de l'architecture et de l'ornementation. Dans les creux du cuivre, et sans en dépasser les parties ménagées, sont incrustés des émaux diversement colorés, et la juxta-position de leurs teintes forme le fond de couleur des figures, dont le trait est tracé par des saillies de métal à fleur de paroi.

Voici maintenant la technique de l'incrustation : le cuivre, préalablement dressé, poli et creusé avec des burins plats, des ciselets et des échoppes, recevait les pâtes liées au moyen d'un liquide glutineux. Mais certains émaux étant plus facilement vitrifiables que d'autres, ils n'étaient réunis et placés qu'en dernier lieu; des incrustations de calcaire, destinées à disparaître plus tard, réservaient leur place. A ces coulées successives ou simultanées succédait un polissage à la meule. Enfin la dorure était appliquée. La température nécessaire pour fixer l'or étant moins élevée que la température à laquelle se fondait l'émail, les incrustations n'avaient pas à souffrir de cette exposition au dernier feu.

« La pratique de cet art, qui donnait aux instruments du culte des couleurs inaltérables et un éclat éternel, est-elle à jamais perdue? s'écrie l'abbé Texier, faudra-t-il nous contenter toujours de cet éclat éphémère de l'orfèvrerie moderne, plusieurs fois renouvelé dans le cours d'une année? Nous avons l'espoir d'assister à la résurrection d'un art important. » Puisse le court extrait que nous venons de donner hâter ce moment!

Dans la seconde époque, l'époque de transition, les couleurs émaillées sont étendues immédiatement sur le métal par le pinceau, et n'y sont retenues que par la fonte, qui détermine l'adhérence. Le metal ne joue plus un rôle dans la composition; il sert seulement au même usage que le bois, le parchemin et la toile pour les peintures en miniature et à l'huile. Le caractère principal de ces *émaux en apprêt ou en plein* consiste dans l'absence des demi-teintes, dans la translucidité de l'émail qui permet le plus souvent d'entrevoir le métal, dans la rareté des ombres superposées à cette peinture du premier jet, et qui ne se rencontrent guère que dans les carnations pâles et légèrement vitrées; ces peintures sont en outre émaillées au revers.

A la fin du quinzième siècle, eut lieu un autre changement qui facilita beaucoup le travail des peintres émailleurs, mais qui diminua l'éclat de leurs œuvres; ils ajoutèrent un fond d'émail blanc entre la peinture et le métal.

Au seizième siècle, il y a mélange de cette méthode avec celle de l'incrustation; aussi les draperies sont émaillées en plein par parties, mais il y a voisinage de couleurs franches et de couleurs superposées. L'emploi sage et combiné des deux manières caractérise les maîtres de cette époque, et c'est là la cause de la finesse du dessin dans les fonds et les chairs, et d'autre part de l'éclat chatoyant et changeant des draperies violettes, rouges, vertes et bleues.

Au dix-huitième siècle, et de nos jours, il n'y a plus que peinture d'émail sur fond d'émail; la technique est la même que celle de la peinture sur verre; nous ne devons donc pas nous y arrêter.

§ 5. *De l'argent employé dans l'orfèvrerie.* — Depuis assez longtemps la rareté de l'or a conduit à n'employer ce métal que très exceptionnellement dans l'orfèvrerie proprement dite, c'est-à-dire qu'il concourt seulement, comme le font les pierres précieuses, les nielles et les émaux, à la décoration générale des pièces. L'orfèvrerie d'or se borne à la fabrication de peu d'objets; presque tout l'or (je ne parle pas de celui qui est à l'état de dorure), mis en œuvre par l'industrie, est employé dans la bijouterie. Nous n'avons rien à ajouter à ce que nous avons dit dans la 2e section de notre article. Nous

Digitized by Google

nous occuperons seulement ici de l'orfèvrerie d'argent.

Quelques chiffres feront comprendre les rapports existant entre les proportions d'or et d'argent employées par l'orfèvrerie, la bijouterie et la joaillerie. « Le bureau de garantie, dit M. Denière dans son rapport sur cette partie de l'exposition de 1844, indique, en moyenne, pour chaque année, depuis la dernière exposition, c'est-à-dire depuis cinq ans, un poids de matières fabriquées s'élevant :

Pour l'or, à.	4.292 kilogr.	
Pour l'argent, à.	64.082	—
Soit, en France, pour l'or. . .	12.489.720	fr.
— pour l'argent. .	14 226.204	
Total. . . .	26.715.924	fr.

« Cette somme exprime la valeur de l'or et de l'argent employés dans l'orfèvrerie, la bijouterie et la joaillerie ; ajoutant autant pour la main-d'œuvre, et c'est l'apprécier au-dessous de la valeur, lorsque l'on considère le nombre des ouvriers employés dans ces industries, et que l'on fait la part des bénéfices des commerçants, nous trouvons 53.431.848 fr.

« La perception du bureau de garantie, à raison de ces produits, est annuellement de 1.500.000 fr. »

Il est curieux de rapprocher de ces chiffres, qui établissent l'importance de la fabrication annuelle, ceux qui expriment celle du commerce avec l'étranger. Les états des douanes donnent les renseignements suivants, pour 1843 ; ces chiffres se reproduisent à peu près les mêmes depuis nombre d'années :

	Importation.	Exportation.	Différence.
Or ouvré. . .	1.007.571f	8.566.947f	7.559.376f
Argent ouvré.	222.874	1.782.612	1.559.738

L'excédant de l'exportation sur l'importation, tant en or qu'en argent ouvré, est donc de 9.119.114 fr., ou le sixième de la production précitée, 54.000.000 fr. environ, et la consommation intérieure les 5/6 de cette même quantité, ou 44.000.000 fr.

D'autre part, la France a reçu :

En minerai d'or.	3.083.070 fr.
En or brut ou monnayé. . .	10.038.027
En argent brut ou monnayé. .	157.531.555
En cendres et regrets d'orfèvre.	12.358.740

On voit que, malgré l'importance de notre commerce d'exportation, nous sommes extrêmement loin de rendre en or ou argent ouvrés l'équivalent de l'or ou de l'argent brut que nous recevons. On doit en conclure qu'il tend à se faire, en France, une accumulation considérable d'or, et surtout d'argent métallique. Ce fait a principalement pour cause l'état de la législation, qui favorise l'importation en France des métaux précieux et empêche l'exportation des lingots. Il doit résulter d'un pareil état de choses, qui se maintient depuis longtemps, une accumulation d'argent qui tend à diminuer la valeur de ce métal en France. Cette accumulation tend à rompre l'équilibre qui doit exister pour la répartition de toute matière précieuse dans le monde entier. Il faut bien, il est vrai, que la France qui ne produit pas d'argent en reçoive une assez grande quantité ; mais ce qu'elle reçoit est hors de toute proportion avec la production totale du monde, s'élevant à 1.250.000k, valant environ 275.000.000 fr. seulement.

L'argent employé dans l'orfèvrerie est au titre n° 1, c'est-à-dire à 950 millièmes, ou au titre n° 2, c'est-à-dire à 800 millièmes. L'orfèvre prépare son argent avec l'argent fin, comme il prépare son or. Les soudures dont il se sert sont fortes ou faibles, c'est-à-dire qu'elles sont peu ou assez fusibles ; elles sont au huit, au six, au quart et au tiers, c'est-à-dire qu'elles contiennent un huitième, un sixième, un quart ou un tiers de cuivre rouge, et le reste en argent ; plus il y a de cuivre, plus la soudure est fusible.

On emploie aussi quelques autres soudures dont voici les formules :

Argent, 2 parties ; bronze, 1 p. On ne laisse pas longtemps en fusion.

Argent, 4 parties ; bronze, 3 p. ; arsenic, 1/4. On coule aussitôt la fusion.

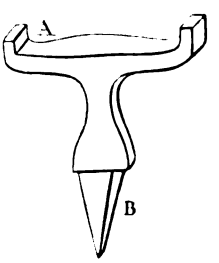
Argent, 2 parties ; clinquant, 1 p. ; arsenic, 1/2.

Argent, 1 partie ; bronze, 1 p. Quand la fusion est opérée, on ajoute 1 partie d'arsenic. On brasse, et un instant après on coule.

Quand la soudure est coulée, on la bat bien mince et on la coupe en paillettes.

Ce qui constitue la supériorité de l'orfèvrerie française sur l'orfèvrerie étrangère, ce n'est pas seulement sa forme, son dessin, son exécution. Il existe, par exemple, en Allemagne des orfèvres d'un grand mérite, produisant des œuvres fort remarquables. La supériorité commerciale de l'orfèvrerie française provient de la marque appliquée par le bureau de garantie. En Allemagne, il n'existe point de poinçon de garantie, ni d'essayeurs ayant mission de vérifier le titre des objets, quoique des titres, à peu près les mêmes que les nôtres, soient déterminés par les lois. Aussi quelle anarchie règne dans les transactions commerciales ! On est constamment trompé ; les objets fourrés ne sont pas rares, et on vend, comme de l'or ou comme de l'argent, des alliages qui contiennent à peine ce qu'il faut de ces métaux précieux, pour donner passagèrement aux objets un aspect mensonger.

§ 6. *De l'orfèvrerie d'art.* — L'orfèvrerie d'art, c'est-à-dire celle qui a pour but la fabrication des pièces d'ornementation exceptionnelle, de quelque riche coupe destinée à être donnée en cadeau ou en prix, d'un service de table sortant des modèles ordinaires ; cette orfèvrerie seule fabrique encore par les procédés anciens, qui du moyen-âge sont arrivés jusqu'à nos jours. La charpente des pièces est, le plus souvent, tout entière forgée au marteau et à la main ; les moyens mécaniques ne sont employés que pour les parties rentrant par leur nature dans la fabrication ordinaire. L'ornementation est fondue, moulée, et ensuite ciselée. Les procédés sont tout à fait analogues à ceux décrits au paragraphe de la bijouterie d'art. Seulement comme les parties creuses sont beaucoup plus considérables que dans la bijouterie, on emploie la *retreinte* pour les produire, comme on fait dans la chaudronnerie. La bigorne (figure 2067), sorte d'enclume dont les extrémités A prennent diverses formes, et qui pénètre par la pointe B dans un des trous du billot sur lequel l'orfèvre assujettit aussi ses tas, est alors l'instrument dont on se sert pour obtenir le ventre d'un calice, par exemple, et y former des côtes plates ou rondes. Avant l'invention de la bigorne, on remplissait les pièces obtenues par la fonte avec de la cire, et on les battait ensuite.



2067.

§ 7. *De la vaisselle plate et montée.* — Il n'y a pas longtemps, les doyens de l'orfèvrerie s'en souviennent encore, l'orfèvre fabriquait ainsi que nous venons de dire, entièrement de sa main, et tout seul, avec le lingot que lui remettait le fondeur, en se servant à peine du laminoir pour obtenir du plané, toute la vaisselle plate ou montée, tous les objets de son ressort, et dont nous avons déjà donné la liste.

Aujourd'hui le laminage et l'estampage, le repoussage au tour, c'est-à-tous dire les moyens mécaniques

Digitized by Google

employés dans la fabrication du plaqué, et dont nous parlerons bientôt, ont passé de l'atelier du plaqueur dans celui de l'orfèvre intelligent, qui a eu l'esprit d'appeler à l'aide de son art le perfectionnement de l'*industrie*.

Pour fabriquer une assiette, un plateau, ou tout autre vase, on prend une plaque laminée sur laquelle on trace au compas la partie dont on a besoin ; on découpe avec des cisailles et on soude la moulure. Cette moulure se fait ou bien au tour, pour une assiette, par exemple, en enlevant avec des riffloirs les filets qui doivent la constituer, ou bien à l'aide d'une sorte de filière qui porte le nom de boite à tirer. Cette boite est formée d'une masse de fer cubique, dans laquelle on a pratiqué les ouvertures nécessaires pour le travail et pour y introduire les billes à moulure. Le fond de cette boite, sur lequel reposent les billes, est une plaque d'acier trempé et bien poli. Les billes à moulure sont pareillement en acier trempé et poli. Sur ces billes sont gravées les diverses moulures dont on peut avoir besoin. Elles sont fixées dans la boite à la place convenable pour le travail, par deux fortes vis qui les pressent contre la plaque d'acier unie et polie. Quand la moulure a été tirée ou tournée, on la place sur le plat et on la soude à la lampe avec de la soudure au quart. On ébarbe, c'est-à-dire on enlève du bord tout ce qui reste de la moulure à l'aide d'un burin. On donne alors au planeur qui forme le marli, c'est-à-dire la partie de la matière qui borde la moulure en dedans du plat, sur un tas poli, avec un marteau poli non plus tenu à la main comme autrefois, mais guidé et mû comme un martinet. Le planeur renvoie à l'orfèvre qui, à l'aide de burins, d'échoppes, de riffloirs, répare la moulure ; c'est maintenant le travail le plus long et le plus coûteux. La polisseuse polit ensuite, d'abord avec la pierre à polir, ensuite avec de la pierre-ponce broyée à l'huile et de petits morceaux de bois. Après avoir bien essuyé son travail avec des linges, elle termine en se servant de la pierre-ponce délayée dans l'eau-de-vie, qu'elle passe en frottant fortement, soit avec une brosse, soit avec une peau de chamois imbibée de cette sorte de pâte. Le planeur termine en formant le fond du plat ou de l'assiette à la profondeur convenable, au moyen de tas et de marteaux polis destinés à cet usage. Le travail du planeur donne aux pièces leur sonorité et leur éclat.

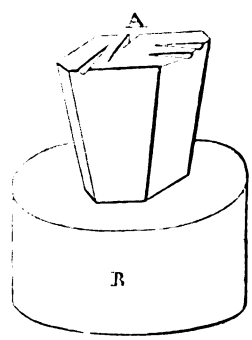
Les soupières, les cafetières, les réchauds, etc., sont estampés ou faits au tour sur des mandrins en bois, en recuisant autant de fois qu'il est nécessaire à cause de l'état de récroui que prend la matière ; nous entrerons plus loin dans quelques détails sur ce travail. Des *bâtes* sont soudées pour soutenir les bords des ouvertures et toutes les parties qui ont besoin d'être renforcées. Les anses, les pieds, tous les ornements moulés et ciselés, sont ensuite soudés ou attachés avec des écrous.

§ 8. *De la fabrication des couverts.* — La fabrication des couverts a pris en France un très grand développement ; les orfèvres qui l'exploitent prennent le nom de *cuillèristes*. Deux fois en cinquante ans cette fabrication a changé complétement de face. Nous allons entrer, à cette occasion, dans quelques détails historiques et pratiques qui, nous l'espérons, auront quelque intérêt :

Les cuillères et les fourchettes sont encore aujourd'hui des meubles presque inconnus dans une grande partie de l'Orient. Les Chinois mangent avec deux petits bâtons ; les Turcs, les Arabes, tous les Musulmans mangent avec leurs doigts. On en faisait autant en Europe pendant presque tout le moyen-âge. Aussi les aiguières et les bassins étaient-ils d'un usage assez général, et était-ce par la confection de ce genre de meubles que les orfèvre sprofanes du moyen-âge préludaient aux travaux qui ont illustré leurs successeurs de la Renaissance. Cependant, à la fin du dixième siècle, Pierre d'Armens raconte, avec l'accent de l'homme indigné, que la sœur d'un empereur d'Orient, qui avait épousé un des fils de Pierre d'Orséole, doge de Venise en 991, au lieu de manger avec les doigts, employait de petites fourches et des cuillères dorées pour porter les aliments à sa bouche, luxe insensé, dit-il, qui appela le courroux du ciel sur elle et sur son mari.

Les cuillères furent assez facilement adoptées ; elles étaient le plus souvent en bois ou en corne ; lorsqu'on les faisait en or ou en argent, c'étaient de véritables œuvres d'art qu'on entreprenait, ainsi que l'on peut le voir par les quelques cuillères qui sont parvenues jusqu'à nos jours. L'usage de la fourchette, au contraire, fut lent à s'établir ; nous ignorons à quelle époque il s'introduisit en France, mais il est probable qu'au commencement du dix-septième siècle, la fourchette était encore un ustensile rarement employé, car un auteur anglais, Tom Coryat, dans son « *Crudités avalées* à la hâte pendant un voyage de cinq mois en France, en Savoie et en Italie, etc. », ouvrage publié en 1611, mentionne une coutume qu'il dit être générale en Italie, celle de se servir d'une fourchette pour manger la viande. Tom Coryat ne dit pas qu'il ait observé la même coutume en France ; mais cet usage s'introduisit sans doute dans ce pays avec celui des verres à boire de Venise, vers la fin du quinzième siècle ; il n'était pas encore général au commencement du dix-septième. Tom Coryat voulut continuer les coutumes italiennes à son retour dans son pays ; il fut raillé par ses amis qui le désignèrent sous le nom de *Furcifer*.

Aujourd'hui la fourchette que nous employons en France se rencontre à peine sur quelques tables de grands seigneurs en Allemagne et en Angleterre. Dans ces deux pays, on se sert d'une petite fourche plutôt que d'une fourchette ; cette fourche est en acier et se trouve emmanchée comme sont nos couteaux dans des manches en bois, en corne, en ivoire. Elle n'a que deux ou au plus trois dents, et une largeur qui est environ la moitié de celle de la fourchette en argent si répandue en France.



2068.

A la fin du siècle dernier les couverts étaient entièrement forgés à la main au moyen du marteau, la pièce étant posée sur une étampe (figure 2068), sorte de tas, A, entrant par une pointe dans le billot B. Le cuilleron des cuillères, c'est-à-dire leur partie concave, était cambré sur une autre étampe A (fig. 2069) au moyen d'un poinçon B, sur lequel on frappait pour agir sur la cuillère C. Les filets s'exécutent avec des échoppes et augmentent notablement les prix des couverts.

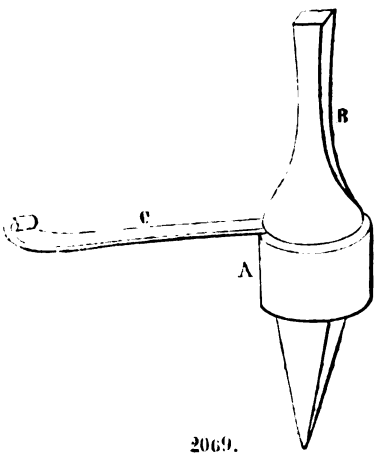
Au commencement de ce siècle, l'usage des couverts se répandant de plus en plus et pénétrant dans presque toutes les classes de la société, cette fabrication manuelle devient mécanique, afin d'introduire une économie dans la façon.

Trois opérations successives constituent la fabrication des couverts jusqu'en 1840 : 1° le découpage du lingot, qui se fait à la cisaille dans la feuille au titre où le dessin a été fait d'après un patron en papier ; 2° le forgeage du lingot, opération qui a pour objet de lui donner, à l'aide du travail au marteau, les formes générales et les dimensions approchées en longueur et en épaisseur que doit avoir la pièce à fabriquer ; cette opération s'appelle la préparation ; 3° la pièce ainsi préparée est placée sous un balancier analogue au balancier monétaire, qui

Digitized by Google

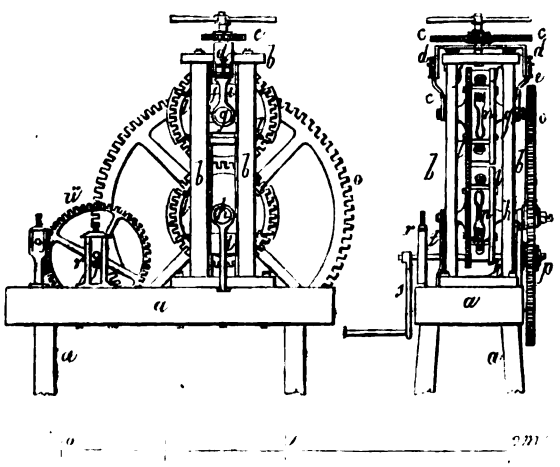
porte à la place du coin une matrice représentant les formes exactes et même les ornements de l'objet qu'on veut obtenir. La presse agit par percussion comme la presse monétaire. Les pièces ressortent presque complétement finies ; il ne reste plus qu'à ébarber, c'est-à-dire à enlever avec une lime le superflu de l'argent repoussé par la pression, et, si c'est une fourchette, à découper les dents. Cette opération s'appelle la perfection.

Cette méthode a reçu, en 1840, dans les ateliers de M. Denière, une modification profonde, provenant de



2069.

l'application des derniers perfectionnements introduits dans l'industrie générale des métaux, perfectionnements que les orfévres ont été lents à vouloir accepter. Les premières tentatives de cette modification remontent, du reste, à assez loin, à l'année 1817. Jalabert prit alors un brevet d'invention, ayant pour objet de remplacer par un laminage l'opération de perfection se faisant par la presse monétaire. L'équipage breveté se composait (tome XXV *Des Brevets expirés*, p. 41) de deux cylindres d'un assez grand diamètre, *g* et *h* (figure 2071),



2070. 2071.

dont chacun portait une matrice *n*, qui y était fixée par des écrous, et qui représentait par une gravure en creux la forme de la pièce à obtenir. On découpait cette pièce par la méthode ordinaire, mais la façon de perfection se donnait par le laminoir (figures 2070 et 2071), mû par une manivelle *s* faisant tourner un pignon, celui-ci une roue, et le pignon de cette dernière une grande roue conduisant le cylindre *h*, qui à son tour entraine le cylindre *g*. Le laminoir est serré à diverses épaisseurs par l'engrenage *c*. Les diverses roues *p* et *o*, que l'on a même multipliées depuis, sont destinées à faire disparaître une certaine ondulation produite dans les couverts par suite de l'inégale résistance du métal refoulé à des épaisseurs inégales. Jalabert employait des matrices mobiles, en sorte qu'une des difficultés du service de la machine était d'assurer leur fixité sur les cylindres et l'exactitude de leur rencontre au moment de la pression. Une note qui accompagne la description du brevet Jalabert constate qu'avant lui on avait essayé des matrices fixes.

Quels que fussent les avantages qui semblaient attachés à cette machine, elle ne se répandit pas et tomba dans l'oubli ; en sorte que l'ancienne méthode avait prévalu, lorsqu'en 1839 un nouvel essai de laminoir fut fait dans l'usine de M. Daru, essai ayant pour but, cette fois, la substitution de la préparation au laminage à l'ancienne et défectueuse préparation au marteau. C'est l'année suivante, en 1840, que M. Denière prit un brevet d'importation en France, pour le procédé breveté en Belgique par M. Allard, procédé consistant à n'employer que le laminoir pour toutes les opérations. Ce brevet a été l'année dernière déclaré déchu, par jugement du tribunal de première instance de Paris, pour insuffisance de description. Nous pouvons donc indiquer complétement, quoique d'une manière succincte, toute la série des opérations.

On commence par présenter la feuille d'argent, laminée à épaisseur convenable, à un découpoir muni d'une emporte-pièce, qui par son mouvement de va-et-vient y découpe autant de pièces, ou éléments primitifs de couverts, qu'il est possible. On soumet ces pièces à un recuit dans un four à réverbère, où elles sont portées au rouge sombre sans que l'alliage de cuivre soit exposé à s'oxyder. Ensuite on les soumet à des pressions successives, données sous deux paires de cylindres placées dans une machine analogue à celle de Jalabert (fig. 2071). Ces deux paires de cylindres sont inégalement rapprochées, parce que la matière va en s'allongeant et en s'aplatissant ; on presse d'abord dans le laminoir le moins rapproché, ensuite dans le plus serré. Les cylindres sont eux-mêmes les matrices, car on a renoncé aux matrices mobiles, assez mal imaginées par Jalabert. Ces cylindres ont au plus un décimètre de diamètre ; ils sont gravés d'après une règle indiquée au graveur par les dimensions respectives des diverses parties de la fourchette et de la cuillère, et par la malléabilité plus ou moins grande de la matière. Ainsi les gravures des cylindres préparatoires ne seront pas les mêmes pour des couverts en argent ou pour des couverts en maillechort. Pour rendre la pression successive sans altérer la qualité du métal, on alterne les passes avec les recuits dans le four à réverbère, et, après chaque exposition au feu, on fait subir aux pièces une espèce de trempe par leur immersion dans l'eau froide. En sortant de la préparation et après un nouveau recuit, on passe les pièces sous les cylindres finisseurs, qui sont gravés de manière à donner le couvert simple, ou bien le couvert avec filet, ou bien encore le couvert enrichi d'ornements riches. Il ne reste plus alors qu'à ébarber à la lime, qu'à découper les dents de la fourchette au moyen d'un découpoir spécial, à emboutir le cuilleron de la cuillère, et enfin, à cambrer les pièces selon leur

Digitized by Google

courbe voulue, opérations d'une grande facilité au moyen des anciens instruments qui y sont employés depuis longtemps.

Le remplacement du forgeage des couverts par deux laminages a rendu un grand service aux fabricants, en permettant de décupler le nombre des couverts faits par jour, et en diminuant aussi la main-d'œuvre dans une proportion notable. Ce dernier résultat est surtout d'une haute importance pour la fabrication des couverts en maillechort, qui depuis trois ans, c'est-à-dire depuis que les procédés d'argenture galvanique sont appliqués à recouvrir ce métal d'une couche suffisamment épaisse d'argent, sont admis à remplacer les couverts d'argent dans la plupart des restaurants de Paris, dans toutes les maisons de campagne, sur la table de l'employé, de l'ouvrier, et de tous ceux pour qui l'économie d'un capital de 400 francs, représenté par une douzaine de couverts d'argent, est une économie importante. Avec 60 grammes d'argent par douzaine de couverts de maillechort, la conservation est assurée pour quatre ou cinq années, et après cette époque la réargenture peut s'effectuer sans aucun inconvénient. La douzaine de couverts en maillechort, chargés de 60 grammes d'argent, ne coûte maintenant que 54 fr.

SECTION IV. — DE L'ORFÈVRERIE D'IMITATION.

La rareté des métaux précieux a forcément conduit les hommes à s'occuper du moyen d'économiser leur emploi, tout en conservant le bienfait de leurs propriétés, recherchées non seulement par raison de luxe, mais encore par raison d'hygiène. L'imitation de tous les objets faits ordinairement en or ou en argent a donc nécessairement donné lieu à une industrie importante, appelée à rendre de véritables services, et où nous avons à considérer le plaqué ordinaire, le plaqué sur fer et l'orfèvrerie de cuivre.

§ 1er. *Du plaqué.* — Il existe entre l'orfèvrerie de cuivre, qui est ensuite argentée ou dorée, et l'orfèvrerie plaquée une différence essentielle. Dans la première fabrication, les métaux précieux ne sont placés à la surface des objets qu'après leur entière confection ; dans la seconde, au contraire, c'est le lingot, c'est la matière première, qui est recouverte d'une feuille d'argent ou d'or plus ou moins épaisse avant toute autre mise en œuvre.

Le *plaqué* qu'on fabrique le plus ordinairement est celui d'argent ; celui d'or ou de platine ne se fait qu'exceptionnellement ; il s'obtient, du reste, par des procédés absolument identiques à ceux employés pour obtenir le premier.

On ne doit point confondre le plaqué avec le doublé. Doubler un métal d'un autre métal, c'est souder le dernier au premier au moyen d'un alliage fusible, d'une *soudure ;* plaquer, au contraire, c'est forcer les deux métaux à adhérer au moyen de procédés purement mécaniques, avec l'aide d'une température *rouge sombre*, mais sans le secours d'aucune fusion.

Comme l'argent est loin d'avoir jamais été assez abondant pour pouvoir être employé à la confection d'une foule d'ustensiles destinés à recevoir des comestibles et toutes sortes de préparations culinaires, il est naturel de penser que depuis bien des siècles on a cherché à ne le placer, ainsi que nous avons démontré que cela a été fait de toute antiquité pour l'or (voir l'article DORURE), qu'à la surface seule des métaux communs, et particulièrement à le faire servir de revêtement au cuivre. Aussi ne doit-on pas s'étonner que l'un de nos plus habiles fabricants de plaqué, M. Gandais, soit parvenu à prouver que chez les Romains on pratiquait le doublage des vases par l'argent ; seulement nous employons le mot doublage, et nous ne disons pas *placage*, parce que cette dernière opération exige des moyens mécaniques complétement inconnus des anciens, qui savaient parfaitement bien souder par l'emploi des alliages fusibles. C'est cette raison qui nous fait penser aussi que la fabrique fondée à Paris, à l'hôtel de Pomponne, rue de la Verrerie, dès 1769, et qui confectionnait des vases couverts d'une feuille d'argent d'un côté seulement, effectuait un doublage plutôt qu'un placage. L'ancienne Encyclopédie ne fait mention d'aucune fabrication analogue au plaqué. Il faut la regarder, selon nous, comme étant d'invention moderne, et nous n'avons aucun scrupule à dire d'invention anglaise, car elle était fort développée en Angleterre quand, vers 1808, elle a été importée en France, où on ne connaissait que le doublé, c'est-à-dire l'emploi d'une soudure proprement dite. D'ailleurs, bien avant la fabrique de l'hôtel Pomponne, encouragée par Louis XVI, qui y fit, en 1785, une commande de 10.000 livres tournois, Thomas Bolsover fonda à Scheffield, en 1742, une fabrique de boutons et de tabatières en véritable plaqué d'argent, et bientôt après vint Joseph Hancok, maître coutelier de la même ville, qui appliqua la nouvelle découverte à la fabrication de produits plus nombreux. Ce dernier se livra à l'imitation de la vaisselle plate, et dota sa ville natale, par la fabrication de ses théières et de ses flambeaux, d'une nouvelle industrie dont Birmingham devint bientôt le principal foyer,

De 1808 à 1839, la fabrication de l'orfèvrerie plaquée s'est promptement accrue en France. A cette dernière époque, elle produisait pour 8.000.000 de francs et occupait environ 2.000 ouvriers ; son exportation était à peu près la moitié de sa production totale. Depuis lors, la fabrication est restée stationnaire, quoique la consommation intérieure se soit sensiblement accrue, parce que l'exportation a sensiblement diminué. Cette diminution est due en partie à la mauvaise confection des objets destinés aux pays étrangers, en partie au poinçon dont sont revêtus tous les produits de cette fabrication. Cette dernière observation, à cause de son étrangeté apparente, exige quelques mots d'explication : on sait que le fabricant de plaqué est assujetti à apposer *lui-même* sur ses produits un poinçon offrant en toutes lettres le mot *doublé*, ainsi que le chiffre du titre du plaqué, soit le dixième, soit le vingtième, soit le quarantième, ou tout autre titre. Or, cette indication n'est nullement exacte ; une vérification authentique du titre du plaqué ne se fait par aucun bureau de garantie, et d'ailleurs elle serait presque impossible à cause de la diversité des titres employés souvent dans une même pièce. Ainsi ce poinçon n'a, en France, d'autre autorité que celle que peut donner la moralité du fabricant qui l'a appliqué. A l'étranger, à mesure que les distances augmentent, cette autorité disparaît, et alors il arrive que notre plaqué, portant un poinçon, se trouve assujetti à son entrée en Allemagne, en Italie, en Portugal, etc., à payer les droits comme orfèvrerie. Les portes de ces pays nous sont dès lors fermées, car l'Angleterre, dont le plaqué ne porte pas de poinçon, obtient facilement l'avantage pour l'approvisionnement de toutes ces contrées. Ainsi, l'orfèvrerie paye en Allemagne 8 fr. de droit d'entrée par kilogr. ; en Italie et en Portugal, elle paye 24 fr. Partout, au contraire, la quincaillerie ne paye que 50 centimes. On voit qu'il résulte d'un pareil état de choses une forte prime en faveur de la fabrique anglaise. Le plaqué est soumis, du reste, à d'autres causes de décadence, ainsi que nous le dirons un peu plus loin ; pour le moment, nous arrivons à une description succincte des procédés technologiques qui lui sont propres.

L'opération fondamentale du fabricant de plaqué consiste dans l'établissement de l'adhérence de l'argent au cuivre. Le cuivre employé est du cuivre rouge très pur, avec lequel il est plus facile d'obtenir une adhérence parfaite. Cependant le cuivre jaune aurait bien plus d'avantage dans l'usage des objets de consommation, parce qu'il présente beaucoup plus de résistance. Autrefois le

Digitized by Google

fabricant préparait et fondait son cuivre lui-même ; il en faisait un lingot coulé dans des moules en fer fondu formé de deux parties assemblées, et présentant une cavité rectangulaire de 8 centimètres de large, 4 de profondeur, et d'environ 50 de long. Aujourd'hui le plaqueur reçoit ses plaques toutes préparées au soudage ; on les fait dans les fonderies de Romilly et d'Imphy. Les meilleures, celles dont le cuivre est le plus épuré, viennent de Niederbruck (Haut-Rhin) ; elles ont une forme rectangulaire, une épaisseur d'à peu près 3 centimètres, et pèsent environ 10 kilogrammes.

Les plaques de cuivre sont vigoureusement grattées avec des grattoirs tranchants, pour faire disparaître jusqu'aux moindres défauts du cuivre, et pour que la surface soit parfaitement unie. La planche étant grattée, on la passe au laminoir, où elle s'allonge d'environ 0m,027 ; on la gratte de nouveau, et alors elle est prête à recevoir l'argent. Si l'on veut faire du plaqué simple ou du plaqué double, au vingtième, par exemple, on prend une feuille d'argent du poids de 500 grammes, ayant même surface que l'une des faces du lingot de cuivre, dans le premier cas ; une surface double dans le second cas. Cet argent est à 999 millièmes. La feuille étant bien avivée avec du grès tamisé, on amorce quelquefois le cuivre avec une forte solution de nitrate d'argent, mais cette opération préliminaire n'est nullement nécessaire. On applique sur le cuivre la feuille d'argent, et l'on couvre de blanc d'Espagne la face de cuivre qui ne doit pas être recouverte, quand on fait du plaqué simple. On lie fortement avec du fil de fer, en mettant un peu de borax sur les bords pour préserver le cuivre de l'oxydation. La feuille d'argent est un peu plus grande que le cuivre, de telle sorte qu'on puisse un peu la rabattre sur les bords du cuivre.

Toutes ces préparations achevées, la plaque est portée au fourneau à moufle du plaqueur ; la porte en fer de ce fourneau est munie d'un trou par lequel l'ouvrier surveille la température ; de temps à autre on frotte sur l'argent avec une sorte de brunissoir en fer, afin de chasser tout l'air intérieur et de produire un commencement d'adhérence. L'union définitive du cuivre et de l'argent est obtenue par plusieurs passages du lingot encore chaud entre de forts cylindres de plus en plus serrés. On chauffe et passe alternativement au laminoir jusqu'à ce que la feuille ait atteint le degré d'épaisseur qu'on désire obtenir. On remet une dernière fois dans le moufle, on plonge les feuilles dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et on les nettoie en les frottant avec du sable très fin ; elles sont alors prêtes à recevoir les formes des divers articles qu'on veut fabriquer.

Les divers laminoirs dont se sert le plaqueur sont les suivants :

1° Laminoir à souder et à dégrossir, dont les rouleaux en fer ont 0m,325 de long sur 0m,187 de diamètre ;

2° Laminoir dont les rouleaux ont 0m,325 sur 0m,210 et sont en acier poli pour adoucir et brillanter les lames de doublé qu'on y passe ;

3° Un laminoir identique au précédent réservé spécialement pour tout ce qui est laminé très mince et, en particulier, pour les bandes d'argent destinées à l'estampage des bordures et ornements dont nous parlerons tout à l'heure ;

4° Un laminoir aussi en acier poli pour les feuilles larges destinées à faire des plateaux et autres articles analogues, dont les rouleaux ont 0m,59 sur 0m,25 ;

5° Un laminoir en fonte de fer douce pour le même objet ayant 0m,82 sur 0m,28 ;

6° Une paire de rouleaux de 0m,21 sur 0m,16 pour laminer le fil ;

7° Enfin, une paire de rouleaux de 0m,16 sur 0m,056 en acier très dur, pour le plaqué à un titre très bas.

On peut faire le fil de cuivre plaqué de deux manières. La première manière est la plus employée ; elle consiste à former d'abord un cylindre creux d'argent. Celui-ci s'obtient en enroulant une feuille d'argent de façon que les bords se recouvrent. On introduit dans ce tuyau un cylindre en cuivre chauffé au rouge, pouvant y entrer librement, et avec un brunissoir en acier on appuie fortement sur les bords qui se soudent l'un à l'autre. Le tube d'argent étant fait, on le nettoie intérieurement, on le chauffe au rouge sombre, et on y introduit le cylindre à plaquer qui ne pénètre qu'à frottement. Le refroidissement fait appliquer l'argent. On porte au fourneau et on appuie avec le brunissoir dans le sens de la longueur. En outre, on fait dans le cylindre en cuivre un peu plus long que le tube d'argent, un creux circulaire dans lequel on fait entrer les bords de la feuille d'argent. On obtient ainsi un cylindre massif qu'on passe à la filière. Le cuivre et l'argent s'allongent en conservant toujours le même rapport d'épaisseur. On recuit enfin et on lave avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, comme pour le plaqué en feuilles.

L'autre méthode donne un plaqué extrêmement mince, connu dans le commerce sous le nom de plaqué allemand. Elle consiste à arrondir et étirer d'abord soigneusement la barre de cuivre, à dépolir sa surface et à y appliquer des feuilles d'argent battu en frottant avec le brunissoir. Ce travail est minutieux, et donne des résultats bien inférieurs au précédent.

Les fils de cuivre plaqués sont très employés pour la fabrication des paniers à pain, des porte-mouchettes et d'un grand nombre d'autres articles réunissant l'élégance et la légèreté à l'économie.

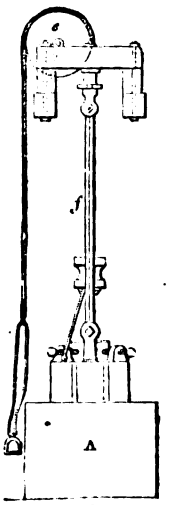
On a d'abord travaillé les feuilles plaquées par les procédés employés dans la chaudronnerie pour le cuivre, et dans l'orfèvrerie pour l'argent, c'est-à-dire au marteau, par la *retreinte*, en poussant peu à peu le métal à prendre la forme désirée. Ce procédé, extrêmement long et fatigant, ne donnait que de mauvais résultats pour le plaqué, à cause de la rupture que le marteau tendait constamment à établir entre les deux métaux juxtaposés, soumis à des efforts inégalement répartis. Il n'est plus employé aujourd'hui que lorsque l'ouvrier manque des outils et instruments nécessaires pour suivre une méthode plus commode, plus expéditive, plus appropriée à l'économie de main-d'œuvre qu'exige le bas prix, cette condition suprême d'existence du plaqué. Par exception, on s'en sert encore lorsqu'il ne s'agit que de produire un petit nombre d'articles de forme irrégulière, pour lesquels la confection de matrices à estamper ou de mandrins à tourner serait une dépense trop coûteuse, vu le peu de service qu'on en tirerait. On se sert généralement aujourd'hui soit de l'estampage, soit du tour. L'estampage surtout est le procédé particulièrement approprié à la mollesse et à la malléabilité du métal employé pour faire le plaqué.

Le procédé de l'estampage consiste à faire entrer de force, par pression ou par percussion, la feuille de plaqué dans une matrice en creux, au moyen d'une étampe dont les reliefs s'ajustent exactement dans les creux de la matrice. La substance dont sont faites les matrices et étampes doit être dans un certain rapport avec la malléabilité et l'épaisseur de la feuille à travailler ; c'est du laiton, du fer, de l'acier, etc. Souvent même l'étampe est composée d'un métal très mou, de plomb moulé sur les creux de la matrice ou réciproquement.

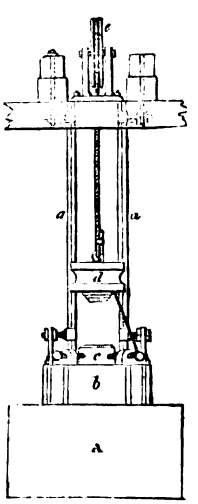
Comme il est nécessaire, pour le succès de l'opération, que la matrice et l'étampe s'ajustent l'une sur l'autre avec une grande précision lorsqu'elles se rapprochent, on attache ordinairement la matrice sur une large pierre A (fig. 2072 et 2073) qui remplit d'autant mieux le but qu'on veut atteindre qu'elle est plus massive. On fait, en outre, descendre l'étampe verticale-

Digitized by Google

ment, en s'arrangeant de façon qu'elle ne puisse diverger dans aucune autre direction. On peut employer, du reste, plusieurs procédés pour la faire descendre avec la force nécessaire : 1° frapper dessus avec un marteau : 2° se servir d'un balancier analogue à la presse monétaire; 3° se servir d'un mouton ou marteau à déclic. Les fig. 2072 et 2073 représentent

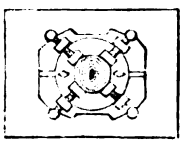


2072.



2073.

deux coupes rectangulaires du dernier appareil plus communément employé ; la fig. 2074 en donne le plan. Le mouton *d* porte à sa partie inférieure l'estampille ; la matrice *e* est fixée sur la pierre dans un soubassement en fer *b* où elle est serrée par quatre vis. On soulève le mouton *d* à une hauteur plus ou moins grande selon la force du choc qu'on veut produire, au moyen de la corde *f* s'enroulant sur la poulie *c*. Le mouton se meut entre les deux montants en fer *a*; les deux faces,



2074.

en regard de ces montants, présentent chacune un filet en relief pénétrant dans une rainure correspondante du mouton.

Les matrices sont en acier fondu ; il peut y en avoir plusieurs pour la fabrication d'un même objet, par exemple pour obtenir un vase dont le fond et les bords supérieurs ont des dimensions moindres que celles de la panse.

La matrice étant fixée par les vis, on l'entoure d'un cercle haut de 4 à 5 centimètres, formé d'un lut d'argile pétrie avec de l'huile ; on coule du plomb dans la cavité obtenue. On adapte à la partie inférieure du mouton une plaque en fer dont la face, de même dimension que la matrice, est rude comme une râpe, et qu'on appelle *suçeur*. Aussitôt que le plomb est solidifié, on soulève le mouton, on le laisse retomber, et on le soulève de nouveau ; il emporte avec lui le disque de plomb qui s'est bien moulé sur la matrice.

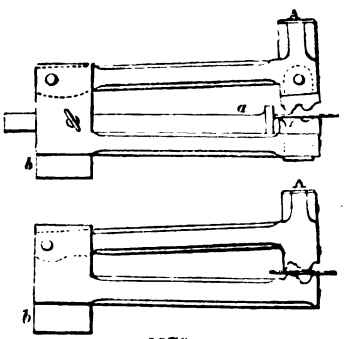
On peut alors procéder à l'estampage, qui s'exécute en plaçant sur la matrice la feuille de plaqué découpée suivant la forme et les dimensions voulues, et en laissant tomber dessus le mouton autant de fois que cela est nécessaire pour que la feuille de plaqué entre dans toutes les excavations de la matrice. Le nombre de coups de mouton est naturellement en rapport avec la profondeur de ces creux, ainsi qu'avec l'épaisseur et le degré de malléabilité de la feuille plaquée, et peut aller jusqu'à dix ou douze. Comme le métal devient aigre, dur et cassant, il faut le faire recuire de temps à autre pour lui rendre sa malléabilité. Pour arriver à produire des objets d'une forme profondément creuse, on est obligé d'employer successivement plusieurs matrices gravées de plus en plus profondément. Dans ce cas, on est même souvent forcé d'opérer d'une autre manière : on fait (fig. 2079 et 2080) les étampes en acier, et elles sont gravées en creux ; les matrices sont alors en plomb.

Il va sans dire qu'on réunit, par des soudures ou bien par des assemblages à vis ou d'autre sorte, les diverses pièces qu'il est impossible d'obtenir par un seul estampage. Un chandelier, par exemple, est composé d'au moins quatre ou cinq pièces principales auxquelles des bordures ornées sont ordinairement ajoutées. Des bordures ou *bates* sont également placées autour de l'ouverture ou en d'autres endroits des vases ou autres ustensiles pour les renforcer et concourir en même temps à la décoration. Ces bordures sont surtout soumises au frottement dans l'usage qu'on fait des objets, et, par conséquent, elles se détériorent avec une grande facilité, et l'argent s'usant rapidement, elles finissent par laisser voir la couleur rouge du cuivre.

Un des plus grands perfectionnements qu'on ait introduits dans la fabrication du plaqué a été de faire ces bordures en argent pur. Malheureusement, toujours dans un but d'économie, ces bordures sont faites en argent d'une minceur extrême. Pour leur rendre de la force, on remplit l'intérieur des moulures de soudure faible qui sert à les appliquer sur les pièces.

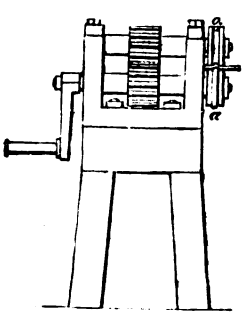
Les moulures s'exécutent avec facilité et précision au moyen des estampes représentées fig. 2075 et 2076.

2075.



2076.

La partie A est mobile autour d'une charnière ; on la soulève pour introduire le métal à moulure entre les deux matrices. On ajuste sur un étau *b*; la partie *a*, qu'on peut avancer plus ou moins, guide l'opérateur et fait que la moulure est toujours à la même distance du bord de la feuille; on frappe sur la tête A au moyen d'un marteau.



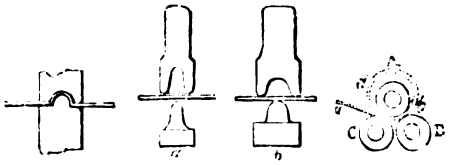
2077.

Le laminoir peut être employé avec succès pour la fabrication des moulures; il produit plus rapidement et plus économiquement que le procédé précédent. Les deux rouleaux *a*, *a* (fig. 2077), sont rendus solidaires par deux roues dentées, dont l'une est mise en mouvement par une manivelle ; ils portent les moulures gravées, l'un en relief, l'autre en creux, et

Digitized by Google

ils sont agencés de façon que les deux moulures s'ajustent exactement, ainsi que l'indique la fig. 2078, sur une échelle agrandie.

Les courbures cylindriques ou coniques sont souvent obtenues en frappant avec un maillet sur la feuille posée sur des mandrins en bois diversement courbés. On obtient le même résultat avec plus de précision et plus de rapidité au moyen d'une machine composée de trois cylindres en fonte A, B, C, (fig. 2081) entre lesquels passe la feuille *abcd*. Selon qu'on rapproche plus ou moins des deux autres le cylindre du



2078. 2079. 2080. 2081.

milieu A, on change de degré de courbure de la feuille: on peut obtenir la forme conique en éloignant ou en rapprochant ce cylindre A un peu plus d'un côté que de l'autre.

Les différentes pièces se soudent au moyen d'alliage plus ou moins fusible d'argent et de cuivre. On doit éviter la soudure à l'étain qui donne trop de solidité et qui, trop souvent, est employée pour monter les pièces; il arrive, par exemple, que les réchauds de table assemblés avec cette dernière soudure sont de suite hors de service. Quand on soude avec de la soudure forte, on recouvre le métal d'une mixture saline composée de borax et de *fiel de verre*, écume rejetée par les verriers, et on place dessus la soudure coupée en paillons. On expose ensuite à la flamme d'une lampe d'émailleur ou bien à la chaleur du charbon de bois excité par le soufflet d'une petite forge, jusqu'à ce que la soudure coule également le long des bords de la jonction.

On donne enfin le poli en frottant avec de l'hématite ou sanguine, ou bien avec du tripoli ou de la poudre d'os calcinés.

Les procédés d'estampage que nous venons d'exposer, en partie d'après M. Ure, sont surtout employés en Angleterre. En France et en Allemagne, on se sert plus souvent du tour pour les pièces principales; l'estampage est réservé pour les ornements. Nous dirons quelques mots du tour au § 3 de ce chapitre.

§ 2. *Du plaqué sur fer.* — La fabrication du plaqué sur fer n'a jamais pu prendre une grande importance, et aujourd'hui elle tombe de plus en plus. On le conçoit facilement, car on n'est pas arrivé à obtenir du doublé de fer par des procédés simples et économiques, comme ceux qui donnent le doublé de cuivre, et il est impossible, du moins quant à présent, de travailler le doublé de fer par les procédés mécaniques dont l'économie a fait tout le succès du plaqué. On ne plaque donc sur fer que de petits objets, tels que couverts, mouchettes et articles de harnais et voitures, etc. Encore ces derniers ouvrages ne se font-ils plus guère qu'en maillechort, argenté ou non, ou bien quand on veut allier le luxe à l'économie, en argent estampé très mince et fourré d'étain.

Le procédé pour plaquer le fer se réduit à étamer d'abord légèrement le fer, et, en chauffant les matrices, à appliquer la feuille d'argent à l'aide d'une forte pression.

§ 3. *De l'orfèvrerie de cuivre.* — Depuis longtemps déjà, en Allemagne, on se sert avec un certain avantage de l'orfèvrerie en maillechort au lieu de l'orfèvrerie en plaqué dont la fabrication y est assez restreinte. Lors de l'invention de l'argenture électro-chimique par MM. Elkington et de Ruolz, on s'est occupé d'importer la fabrication du maillechort en France; on se proposait d'argenter cet alliage, contre lequel certaines préventions s'étaient élevées à cause du cuivre qu'il contient, et de le rendre aussi usuel chez nous qu'il l'est au-delà du Rhin. Comme le maillechort est blanc, on n'avait pas à craindre de voir apparaître, par suite de l'usure, la couleur rouge que montre si vite le plaqué et qui trahit si désagréablement un luxe mensonger. Mais le nickel qui avec le zinc et le cuivre constitue le maillechort, ayant acquis tout à coup une valeur considérable, on a bientôt renoncé à employer ce métal. C'est à un accaparement que font les Anglais de tous les minerais de nickel qui se trouvent principalement en Hongrie, que l'on doit le renchérissement de ce métal. Les Anglais payent à raison de 280 fr. les 100 kilogr., des minerais qui ne contiennent pas au-delà de 15 p. 100 de nickel. « On assure, ajoute M. Pétigot, à qui nous empruntons ces détails, dont il est bon que les orfèvres soient prévenus, qu'ils emploient le nickel à faire de l'argenterie non seulement à bas titre, mais surtout à faux titre, en tirant profit de cette observation, qu'un alliage à parties égales d'argent et de nickel ressort au même titre, par les essais faits par les bijoutiers, qu'un alliage d'argent et de cuivre contenant 13 parties d'argent sur 16 parties. On comprend qu'ils puissent payer à un prix élevé le nickel qu'ils destinent à un pareil emploi. »

Telles sont les raisons pour lesquelles on n'emploie plus le maillechort argenté que pour les couverts. Toute l'orfèvrerie argentée est maintenant en cuivre jaune, alliage de cuivre et de zinc. Le cuivre jaune est plus résistant que le cuivre rouge, et c'est là une qualité qui donne déjà une supériorité marquée, sur le plaqué, à l'orfèvrerie de cuivre, industrie récemment importée de Hollande. Il est vrai qu'il ne faut pas espérer d'arriver au prix si bas du plaqué; le métal n'a pas assez de malléabilité pour qu'on lui donne tant de minceur et si peu de poids. Les pièces auront donc toujours une certaine valeur intrinsèque au-dessous de laquelle il sera impossible de descendre. Ce n'est vraiment pas un malheur, car cette circonstance engagera le fabricant à chercher une certaine élégance, une certaine richesse, en même temps qu'il ne sera pas conduit à sacrifier à la fois la solidité et la forme au désir de produire à bas prix. L'orfèvrerie de cuivre jaune, argentée ensuite à une épaisseur suffisante, au moyen des procédés électro-chimiques (voir notre article DORURE) conservera un caractère propre, celui de l'imitation de l'orfèvrerie fine. Il y aura, cependant, un écueil à éviter, en prenant le parti de ne point diminuer indéfiniment l'épaisseur du métal, ce sera de faire trop massif, c'est-à-dire de fabriquer du bronze au lieu de l'orfèvrerie. Parce que l'or et l'argent sont des métaux précieux, on a dû économiser leur emploi, et par suite chercher à donner à tous les objets fabriqués avec ces deux matières premières une certaine légèreté, une élégance de bon goût mais sans maigreur. Le fabricant d'orfèvrerie de cuivre devra s'attacher à reproduire ce caractère, à obtenir des détails d'une grande finesse, un mat ou un poli d'une grande douceur. Les ornements devront être fondus par un fondeur soigneux, habitué au moulage et à la fonte de l'orfèvrerie fine. Autant que possible, pour ne pas rentrer dans la fabrication du plaqué, on devra éviter de faire les anses, les pieds, tous les ornements avec de l'estampé seulement. La ciselure délicate, la gravure artistique seront nécessaires. La charpente des pièces, au contraire, sera faite par les procédés mécaniques les plus parfaits, c'est-à-dire au tour et au marteau à planer.

Nous ne nous étendrons point sur les procédés mécaniques, déjà indiqués plusieurs fois dans ce Dictionnaire

Digitized by Google

et dans le cours même de cet article. Nous dirons seulement que le travail du tour consiste à couper la plaque de la grandeur et de la forme convenables; à la placer sur le tour, sur un mandrin en bois, et, à l'aide d'un brunissoir en acier poli et trempé dont le manche fait levier en s'appuyant contre une cheville placée dans un trou dont on est libre de varier la position, à forcer la plaque à s'adapter exactement sur toutes les parties du mandrin. En changeant de mandrin plusieurs fois, on obtient la forme voulue. Il faut recuire la pièce toutes les fois qu'elle en a besoin, afin qu'elle puisse se ramollir au point de suivre toutes les dépressions et renflements du mandrin ou moule sur lequel on l'applique. A l'emploi du tour circulaire, on peut joindre aussi l'emploi du tour ovale, machine ingénieuse dont la plate-forme en cuivre jaune offre au milieu une pièce longue à coulisse, en acier, qui, se décentrant à chaque instant par l'effet du va-et-vient que son propre poids lui imprime, donne le moyen de tourner les ovales des plus grandes dimensions, et de faire les plateaux, les plats, etc. Les diverses pièces sont soudées entre elles, et les pieds, les anses, sont attachés par des écrous: des bates, c'est à-dire des cercles de renfort ornés ou non ornés, sont placés à tous les endroits sujets à être fatigués. Le fabricant reconnaîtra d'ailleurs que chaque fois que les pièces additionnelles seront nécessaires pour obtenir la solidité des objets produits, elles seront aussi indiquées par les principes de l'art et du bon goût.

BARRAL.

PLATINE (*angl.* et *all.* platin). D'après un travail plein d'intérêt récemment publié en Allemagne, il paraît que le platine était connu des Romains, qui étaient parvenus à le travailler, et qu'au moyen-âge il était également employé par quelques alchimistes; mais ce n'est que vers le milieu du siècle dernier qu'on commença à l'importer d'Amérique en Europe en quantité assez considérable, et c'est Tugot et Daumy, ou, d'après d'autres personnes, Jeannety, orfèvres, qui le travaillèrent les premiers en grand; quelques années plus tard, Wollaston découvrit le procédé qui est actuellement usité, à peu de différence près, pour le traitement des minerais de platine.

Le platine forgé est d'un blanc un peu gris; il prend un grand éclat par le poli; il n'a ni saveur ni odeur. Il est très malléable et très ductile; il a presque la même ténuité que le fer; parfaitement pur, il est plus mou que l'argent, mais une très faible proportion d'iridium lui donne beaucoup de dureté et d'élasticité. C'est le moins dilatable de tous les métaux. De 0° à 100° sa dilatation linéaire est de 1/1167; sa densité est de 21,50. On ne peut le fondre qu'au chalumeau à gaz hydrogène et oxygène; il se ramollit à la chaleur blanche, et peut alors être forgé et se souder sur lui-même comme le fer. En calcinant du chlorure ou un autre sel de platine, on l'obtient sous la forme d'une masse spongieuse, mate, d'un gris cendré sans éclat, connue sous le nom d'*éponge de platine*. En faisant bouillir du perchlorure de platine avec un excès de potasse ou de carbonate de soude, et versant peu à peu de l'alcool dans la liqueur chaude, on en précipite le platine, très divisé, à l'état métallique, sous la forme d'une poudre noire qui porte le nom de *noir de platine*; sous cet état, le platine condense dans ses pores une proportion considérable de gaz, et, par exemple, détermine l'inflammation de l'alcool absolu et la transformation, au contact de l'air, de l'alcool étendu en acide acétique.

Le platine n'est attaqué ni par les hydracides, ni par les oxacides, lorsqu'il est pur; mais il se dissout dans l'acide nitrique, lorsqu'il est allié à un excès d'argent; il se dissout aisément dans l'eau régale. Les alcalis caustiques, le nitre et le bi-sulfate de potasse, l'attaquent par voie sèche. Les persulfures alcalins, le phosphore et l'arsenic, l'attaquent facilement à l'aide de la chaleur; le chlore l'attaque aussi, mais plus difficilement. Il est susceptible de s'allier avec presque tous les métaux.

Oxydes.

Les oxydes de platine sont complétement réduits par la chaleur rouge. On en connaît deux.

Le *protoxyde* n'est connu qu'à l'état d'hydrate d'un brun-noir, très peu stable, que l'on obtient en précipitant à froid le protochlorure par un excès de potasse caustique. Anhydre il renfermerait :

Platine.	0,925	PtO.
Oxygène.	0,075	

Le peroxyde s'obtient à l'état d'hydrate d'un jaune ocreux, absolument semblable à l'hydrate de peroxyde de fer, en précipitant le perchlorure, ou mieux le sulfate de peroxyde, par un excès de potasse caustique. En le chauffant avec précaution, il se déshydrate et devient noir; il se compose de :

Platine.	0,86	PtO^2.
Oxygène.	0,14	

Sels de platine.

Les sels de protoxyde sont d'un vert olive ou d'un brun noirâtre, très peu stables. Les sels de peroxyde sont jaunes ou bruns et fortement colorés. Ils sont complétement réduits par la chaleur blanche; le sulfate de fer ne les précipite pas; l'hydrogène sulfuré les précipite en brun foncé; ils ont une grande tendance à former des sels doubles. Le peroxyde se combine avec les alcalis pour former des platinates insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides.

Le *protochlorure de platine* est vert-olive, peu stable, insoluble dans l'eau, et composé de :

Platine.	0,736	$PtCl^2$.
Chlore	0,264	

On l'obtient en chauffant le deuto-chlorure à la température de plomb fondant, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, et lavant à l'eau froide pour enlever le reste du deuto-chlorure.

Le *perchlorure de platine* est d'un rouge-brun lorsqu'il est concentré, et jaune-orange en dissolution étendue; il est soluble dans l'eau et l'alcool. On l'obtient en dissolvant le platine dans l'eau régale, évaporant à siccité avec précaution et reprenant par l'eau. Il renferme :

Platine.	0,5785	$PtCl^4$.
Chlore.	0,4215	

Le perchlorure de platine a beaucoup de tendance à se combiner avec les chlorures alcalins pour former des chlorures doubles.

Le chlorure double de platine et de potassium est d'un très beau jaune orangé, peu soluble dans l'eau, où il devient tout à fait insoluble lorsqu'on y ajoute un léger excès de chlorure de potassium, ou de l'alcool en certaine quantité. Le sel correspondant de soude est très soluble, dans les mêmes circonstances. Le sel double ammoniacal se comporte comme celui donné par la potasse; on utilise les propriétés de ces composés pour séparer, dans les analyses, la potasse de la soude, pour doser l'ammoniaque et le platine, et dans le traitement en grand du platine.

Lorsqu'on traite le protochlorure de platine par l'ammoniaque, il se précipite un composé vert cristallisé, qui est un chlorure anhydre d'un radical qui joue le rôle d'un corps simple, et se compose de 1 équivalent de platine et 1/2 équivalent d'ammoniaque $AzH^3\,Pt$; lorsqu'on fait bouillir longtemps ce sel avec de l'ammoniaque, il s'y dissout, et la liqueur donne des cristaux jaunes, qui sont un chlorure hydraté d'un nouveau corps analogue au premier, et dont la composition est représentée par la formule $Az^2\,H^6\,Pt$; ces composés remarquables donnent une série de sels, étudiés par

Digitized by Google

M. J. Reiset, et dans lesquels ils jouent le rôle de corps simples ou de radicaux, tout à fait comme le cyanogène dans les cyanures.

Minerais de platine. — Traitement.

Les minerais de platine sont des alliages qui renferment, outre le platine, du palladium, de l'iridium, du rhodium, de l'osmium et du rhuténium. Ces minerais ne se trouvent en quantité exploitable que dans les alluvions anciennes qui renferment l'or et le diamant. On les a également découverts récemment en filons, dans la Colombie et en Sibérie. Pendant longtemps, les seuls gisements de platine connus étaient situés dans l'Amérique méridionale ; actuellement les gisements de Sibérie en produisent une quantité beaucoup plus considérable, mais qui n'est pas livrée au commerce et est convertie en monnaie ayant cours seulement en Russie. Il paraît que la monnaie de platine vient d'être démonétisée dans ce pays, ce qui, nous l'espérons, fera baisser le prix élevé de ce métal, si précieux dans nombre d'industries.

Apres avoir lavé les minerais de platine, on sépare toutes les parties magnétiques, au moyen d'un barreau aimanté, on les chauffe au rouge et on les traite par l'acide hydrochlorique. On prend le résidu que l'on fait digérer, s'il y a lieu, avec de l'eau régale affaiblie pour dissoudre les particules d'or qu'il peut renfermer, puis on le traite à chaud dans une cornue, par de l'eau régale concentrée ; la liqueur distillée ne renferme que de l'acide osmique ; le résidu non attaqué est composé d'osmiure d'iridium, de fer chrômé et titané, etc. ; et enfin la liqueur qui reste dans la cornue renferme en dissolution le platine, le palladium, le rhodium, le cuivre, une grande partie du fer et une certaine quantité d'iridium. Cette dissolution étant convenablement rapprochée, on y verse une dissolution saturée à froid de sel ammoniac, tant qu'il s'y forme un précipité de chlorure double de platine et d'ammoniaque, lequel ne renfermant que très peu d'iridium parce que la liqueur est très acide. Du reste, la présence de l'iridium est plutôt un avantage qu'un inconvénient, dans certaines limites, parce que le platine parfaitement pur est plus mou que l'argent, et moins propre, à cause de cela, à servir pour faire des creusets et divers autres instruments, que le platine qui contient une faible quantité d'iridium, lequel lui donne de la dureté et de l'élasticité. En calcinant le chlorure double dans de grands creusets de terre on obtient de l'éponge de platine. Les eaux-mères d'où l'on a précipité le platine sont évaporées au dixième et précipitées de nouveau par le sel ammoniac, on obtient alors un dépôt rouge qui contient beaucoup d'iridium et un peu de platine ; on le ramène à l'état métallique en le chauffant au rouge, et on le traite par l'eau régale faible qui dissout le platine et laisse la plus grande partie de l'iridium sans l'attaquer. On comprime l'éponge de platine obtenue, dans un cylindre en fer, terminé par un bouchon d acier, d'abord avec un piston en bois, et ensuite avec un piston en acier ; puis on la porte au blanc et on la comprime plusieurs fois de suite à cette température, jusqu'à ce qu'elle soit assez agrégée pour se travailler facilement au marteau. Il vaut mieux, pour éviter que des poussières ne s'introduisent dans l'éponge et ne donnent lieu plus tard à des faibles ou à des criques, réduire l'éponge en poudre avec un pilon en bois, mettre cette poudre en suspension dans l'eau, la laver par décantation, puis en former une pâte que l'on comprime fortement, à l'aide d'un balancier ou d'une presse hydraulique, dans un cylindre en fer, chauffer ensuite au blanc le culot que l'on obtient ainsi et le travailler comme ci-dessus.

Usages. Le platine est principalement employé dans les laboratoires de chimie, à l'état de creusets, de capsules et de cornues, à cause de son infusibilité, et de son inaltérabilité en présence d'un grand nombre de corps simples ou composés ; par la même raison il est très employé dans les fabriques de produits chimiques, celles où se fait l'affinage des matières d'or et d'argent, etc., pour fabriquer une partie des cornues, ou récipients, et le serait encore bien davantage sans son prix élevé.

Statistique. La production annuelle du platine est de 2.150 à 2.300 kilogr., savoir :

Colombie et Brésil. . . .	250 à 300k
Oural.	1.900 à 2.000
	2.150 à 2.300k

Le platine de Russie est monnayé, celui de l'Amérique est seul versé dans le commerce. Il vaut actuellement en feuilles 1.000 fr. le kilogr., non compris la façon ultérieure des objets. P. DEBETTE.

PLATRAS. Le lessivage des plâtras donne des nitrates de chaux et de magnésie, que l'on transforme en *nitrate de potasse*, lorsqu'il est impossible de se procurer ce dernier à plus bas prix par le commerce. Voyez NITRATES et POUDRE.

PLATRE (*angl.* gypsum, *all.* gyps). Le plâtre ou sulfate de chaux est très abondant dans la nature ; on en rencontre deux espèces, le sulfate de chaux anhydre et le sulfate de chaux hydraté ou gypse. La première espèce est assez rare et n'a que peu d'emploi ; nous ne nous occuperons donc que de la seconde espèce, qui, par ses nombreuses applications, constitue une branche d'industrie considérable pour les localités où elle se trouve.

Le gypse se présente fréquemment en tables *biselées* de diverses manières, à bases de parallélogrammes obliquangles ; on le rencontre aussi sous la forme de lentilles plus ou moins volumineuses, ordinairement jaunes, isolées ou groupées en rose ou en *fer de lance*. Ces cristaux sont quelquefois limpides, quelquefois opaques ou colorés en jaune. Dans les grandes masses que le gypse forme dans le sein de la terre, on observe plusieurs variétés de structure : la structure fibreuse, souvent douée d'un éclat nacré, la structure lamelleuse, la structure compacte. Dans tous les cas, sa densité est d'environ 2.31. Exposé au feu, il durcit et blanchit en perdant son eau de cristallisation. Réduit en poudre, il absorbe ensuite l'eau avec avidité et se solidifie. Cette solidification, qui produit un dégagement de chaleur, est due à ce que le plâtre cuit mis en contact avec de l'eau, l'absorbe et repasse à l'état cristallin ; les cristaux s'entrelacent, contractent de l'adhérence, et forment un tout d'une dureté moyenne.

Le gypse se rencontre en général dans les parties supérieures des terrains secondaires et dans les terrains tertiaires. Il forme dans les premiers des couches puissantes intercalées avec des couches de calcaire ; dans les seconds, il forme des dépôts plus ou moins étendus, accompagnés de marnes ; c'est ce qui se présente dans les environs de Paris, à Montmartre et Ménilmontant, où il est exploité comme *pierre à plâtre*.

On donne le plus généralement le nom de plâtre au gypse privé d'eau par calcination, cependant on l'applique aussi quelquefois au gypse tel qu'on l'extrait des carrières, ce qui a donné lieu aux expressions de plâtre cuit et plâtre cru. Le plâtre s'emploie dans les constructions et, en agriculture, pour amender les terres. En général, tous les plâtres sont bons quand on les emploie comme amendements, mais tous ne peuvent être employés dans la construction.

Les gypses purs, tels que ceux qui sont cristallisés, lamelleux, fibreux, etc., etc., donnent, par une cuisson bien faite, un plâtre fin et blanc qui se gonfle trop et donne un enduit qui ne tient pas ; tel est le plâtre des mouleurs. Pour les constructions, il faut qu'il renferme des matières inertes jouant ici le même rôle que le sable

Digitized by Google

dans le mortier ; il peut en contenir jusqu'à 20 p. 100. C'est là ce qui explique pourquoi le procédé de cuisson le plus imparfait est celui qui donne le plâtre de meilleure qualité. Ce procédé consiste, comme tout le monde le sait, à construire, au moyen des plus gros moellons, de petites voûtes peu larges, puis d'entasser au-dessus le plâtre, en ayant soin de le graduer suivant sa grosseur : les morceaux les plus gros étant le plus près du feu, et les plus petits à l'extérieur. La cuisson s'opère en brûlant du bois sec sous ces voûtes ; plus elle est lente et régulière, meilleurs sont les produits. L'opération dure, en moyenne, dix heures ; quand elle est achevée, on bouche les ouvertures avec des moellons et on recouvre le tas avec du plâtre en poudre.

D'après ce qui précède, on voit que le plâtre du four n'est pas également cuit dans toutes ses parties. En effet, celui qui est près du feu est trop calciné pour faire prise avec l'eau ; le plus éloigné est encore trop hydraté pour ne pas être également inerte, mais le tout, mélangé, donnera un plâtre d'excellente qualité.

Au lieu d'opérer ainsi, on pourrait cuire également le plâtre dans toutes ses parties, et ajouter ensuite des matières étrangères qui n'auraient pas subi les frais de cuisson.

Dans les environs de Paris on emploie du bois pour cuire le plâtre ; on a cherché à le remplacer par de la houille. Dans le département de Saône-et-Loire on emploie des fours à deux foyers, dans lesquels on brûle de la houille. Dans ces fours, on emploie 1.120^k de houille pour cuire 25.000^k de plâtre. A Paris, on a essayé d'employer la chaleur perdue des fours à coke pour cuire le plâtre ; on obtient d'excellents résultats en dirigeant la chaleur perdue de trois fours à coke sur un four à plâtre de très grandes dimensions, en ayant soin d'échelonner la préparation du coke de telle manière, qu'elle se trouve dans chaque four à une époque différente ; on obtient une température moyenne qui varie peu pendant la cuisson ; il est bien entendu que l'on doit avoir deux fours, l'un que l'on prépare pendant que la cuisson s'opère dans l'autre.

Le plâtre destiné à l'agriculture peut se cuire à très bas prix au moyen de fours coulants à feu continu.

Le plâtre cuit doit être broyé avant d'être livré à la consommation ; le broyage se fait au moyen de moulins en fonte très solides analogues aux moulins à café, ou mieux, de meules verticales en pierres roulant dans une auge de même substance ; au centre de cette auge on dispose un crible à travers lequel le plâtre tombe tout préparé, et sans augmentation de main-d'œuvre dans les magasins. Ce broyage ne doit pas être trop parfait, sinon le plâtre perdrait une partie de ses propriétés plastiques.

Le plâtre doit être employé aussitôt qu'il est cuit ; il perd de sa qualité s'il reste exposé à l'air dont il attire rapidement l'humidité. Les ouvriers disent que le plâtre est *éventé*, c'est-à-dire qu'il a été exposé à l'air, quand il perd, avec son onctuosité, la faculté de durcir promptement. Si on ne peut l'employer aussitôt qu'il est cuit et moulu, on le renferme dans des tonneaux que l'on place dans des lieux bien secs.

Lorsque le plâtre n'est pas assez cuit, il est aride et ne forme pas un corps assez solide ; s'il est trop cuit, il n'a plus ce que les ouvriers de Paris appellent d'*amour*, c'est-à-dire qu'il n'est pas assez gras ; s'il est cuit à propos, l'ouvrier sent en le maniant qu'il est doux et qu'il s'attache aux doigts.

Nous avons vu précédemment que le plâtre réduit en poudre n'a besoin que d'être mélangé avec l'eau pour former un corps solide d'une dureté moyenne ; il serait donc préférable au mortier s'il pouvait résister aussi longtemps que lui aux intempéries de l'air et à l'humidité, mais il n'en est pas ainsi. On ne peut employer le plâtre que dans l'intérieur des édifices, où il se conserve très bien. Dans les localités où il est d'excellente qualité, à Paris, par exemple, on en fait une consommation énorme dans la construction des maisons.

Pour *gâcher* le plâtre à Paris, on commence par mettre l'eau dans l'auget qui doit servir à la manipulation ; on ajoute ensuite le plâtre, en le semant jusqu'à ce qu'il atteigne presque la surface de l'eau ; on attend un peu qu'il commence à prendre, et alors on le remue avec une truelle en cuivre (une truelle en fer s'oxyderait trop rapidement à cause de l'acide sulfurique) pour qu'il forme une pâte uniforme. Il faut environ autant d'eau que de plâtre. Plus le plâtre est fort, plus il faut le gâcher promptement, afin qu'on ait le temps de l'employer avant qu'il commence à durcir. Chaque fois que l'on gâche, il faut nettoyer l'auget avec soin ; c'est ce qui se fait avec la truelle, dont les arêtes doivent être bien vives.

On met plus ou moins d'eau pour gâcher le plâtre en raison des ouvrages que l'on a à faire ; si l'on a besoin de toute sa force, on n'y met que la proportion d'eau nécessaire pour donner à la pâte la consistance convenable pour son emploi ; c'est ce que les maçons appellent *gâcher serré*. Lorsqu'on y met plus d'eau, ce qui se dit *gâcher clair*, il donne plus de temps pour l'employer. Pour faire des enduits, on le gâche encore plus clair ; enfin, lorsqu'il s'agit de remplir des vides où la main ni la truelle ne peuvent atteindre, on forme un *coulis*, qui est assez clair pour être versé par des godets placés de manière à pouvoir diriger le coulis dans les cavités qu'il doit remplir. Le plâtre ainsi délayé ne peut pas former un corps bien solide ; aussi ne doit-on l'employer que quand les vides qu'il doit remplir n'ont pas de charge à soutenir.

Plâtre durci ou aluné. Depuis quelque temps, on prépare, au moyen du plâtre, une nouvelle substance plastique qui, tout en conservant une partie des propriétés de la matière première, en acquiert de nouvelles. Le plâtre aluné se rapproche du marbre par le poli, et il résiste très bien aux intempéries de l'atmosphère. Voici en peu de mots sa fabrication qui est, en France, l'objet d'un brevet.

On commence à cuire dans un four à réverbère, chauffé à l'air chaud, le plâtre que l'on veut aluner ; on a eu soin de choisir pour cela les pierres les plus belles et les plus blanches. Lorsque la cuisson est terminée, on laisse refroidir le plâtre, puis on le place dans de grandes caisses en bois à claire-voie, que l'on plonge dans un bain d'eau tenant en dissolution 10 pour 100 d'alun. Après une immersion de quelques minutes, on retire la caisse, on la laisse égoutter quelque temps au-dessus du bain ; puis on la vide sur une aire préparée pour le recevoir. Ce plâtre aluné est porté dans le four, et on le recuit à une température beaucoup plus élevée que la première fois, et qui doit être poussée jusqu'au rouge. Après l'avoir laissé refroidir, on le pulvérise dans un moulin en fonte ; puis on le blutte.

Récemment on a perfectionné ce procédé de fabrication d'une manière remarquable. On mélange intimement le plâtre avec de l'alun en poudre, puis on chauffe une seule fois ; on voit par là qu'on obtient une grande économie de combustible et de main d'œuvre.

Stuc. On distingue deux espèces de stuc, le stuc à la chaux et le stuc fait avec du plâtre :

Le *stuc à la chaux* s'obtient en mêlant la chaux éteinte avec d'autres matières pulvérulentes qui, en général, sont le marbre blanc, ou toute autre matière blanche dure. Pour faire du bon stuc à la chaux, on prend des pierres de cette matière qui soient de la meilleure qualité possible. On éteint cette chaux et on la mêle ensuite avec la quantité de poudre de marbre blanc reconnue nécessaire.

Le stuc fait avec du plâtre ne résiste pas à l'humidité et aux intempéries de l'air ; mais employé dans l'intérieur des maisons, il résiste très bien, et il a, sous plusieurs rapports, des avantages sur le stuc à la chaux.

Digitized by Google

Il devient plus dur, peut être coloré de diverses couleurs, et enfin est susceptible d'un très beau poli.

Pour l'obtenir, on prend de la pierre à plâtre d'excellente qualité, on la fait cuire dans un four analogue à un four à cuire le pain. Au sortir du four, le plâtre est pulvérisé et tamisé.

Ce plâtre est ensuite gâché avec de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre de la colle forte et à laquelle on ajoute souvent de la colle de poisson ou de la gomme arabique. Si le stuc doit imiter du marbre coloré, on met les couleurs dans l'eau collée, qui doit être chaude, afin que le plâtre ne durcisse pas trop vite.

On étend le stuc en plâtre de la même manière que les autres enduits. Lorsque les ouvrages de stuc doivent avoir beaucoup de relief, comme des chapiteaux, des corniches, etc., etc., on commence par en faire l'ébauche ainsi qu'il suit : On fixe, dans la surface sur laquelle l'ouvrage doit être placé, des clous que l'on laisse saillir plus ou moins suivant l'épaisseur que le relief doit avoir, on mouille la place où sont les ferrements, puis on couvre cette surface de bon plâtre en lui faisant prendre la forme que doit avoir l'ouvrage. On donne ainsi trois couches successives de plâtre pour terminer l'ébauche. Quand l'ébauche est terminée, on l'humecte avec de l'eau, ensuite on applique le stuc. Quand l'ouvrage est sec, on le polit d'abord avec une pierre à aiguiser dont le grain est très fin, on frotte l'enduit avec la pierre que l'on tient d'une main, et de l'autre on tient une éponge imbibée d'eau avec laquelle on nettoie l'endroit que l'on vient de frotter. On donne le dernier poli avec un morceau de feutre imbibé d'huile et de tripoli en poudre; enfin on termine avec le morceau de feutre imbibé d'huile seulement.

Lorsque l'on veut imiter des marbres diversement colorés, on a de petits vases renfermant de l'eau collée dans laquelle on détrempe une couleur particulière; on gâche ensuite, avec chacune de ces eaux, une petite quantité de plâtre dont on forme une galette; toutes ces galettes sont placées les unes au-dessus des autres, à mesure qu'elles sont formées; on coupe ensuite la pile par tranches qu'on applique de suite sur la surface que doit recouvrir l'enduit.

Dans ces derniers temps, on est parvenu à représenter des paysages au moyen de stuc. Pour cela, on prépare le fond sur lequel doit être placé le paysage, puis sur ce fond on place un papier sur lequel les contours du dessin sont marqués par des trous d'épingle. On prend ensuite de la poudre d'une couleur différente de celle du fond, et on ponce le papier; on obtient ainsi le contour du dessin. On enlève, avec de petits outils, la matière qui se trouve dans l'intérieur du contour, à une profondeur de 3 à 4 millimètres; on détrempe ensuite plusieurs couleurs dans de l'eau collée; on gâche un peu de plâtre avec ces eaux, dans le creux de la main, et on l'applique en quantité suffisante sur la partie du creux du tableau qui doit avoir cette teinte.

Nous terminerons cet article en donnant le compte de fabrication du plâtre pour une production de 7.200 muids par an, soit 300 jours de travail et 240 muids par jour.

Combustible.	28.325 fr.
Main-d'œuvre.	20.400
Transport (voit., chev., hommes). .	13.454
Sacs et entretien, etc.	900
Location de la carrière.	6.000
Intérêt.	3.000
Pour 7.200 muids.	71.779 fr.

Un muid coûte donc 10 fr.

On le vend 16 fr., ou, déduction faite des droits, 12 fr. 35 c. A. CURTEL.

PLATRE-CIMENT. Nom donné au *ciment romain*. Voyez MORTIER.

PLIAGE *et métrage des étoffes*. Tout le monde sait que généralement le métrage des pièces d'étoffes se fait au moyen de deux longues aiguilles, placées à la distance de la mesure que l'on veut adopter pour unité. L'ouvrier accroche l'étoffe à chaque pli dans ces aiguilles, en perçant la lisière et en comptant le nombre de plis qu'il forme ainsi, pour savoir la longueur de la pièce. Ce moyen a le triple inconvénient de percer les lisières de trous plus ou moins grands, qui déprécient beaucoup la marchandise; de rendre les derniers plis moins longs que les premiers, puisque les aiguilles se courbent et cèdent au poids et à la tension de l'étoffe, ce qui produit un métrage inégal; et, enfin, d'être exposé à des erreurs, puisque le nombre de plis est simplement compté par l'ouvrier, sans aucun contrôle mécanique.

La machine à mètrer, brevetée, dite *rectomètre*, inventée par M. Mannier de Wesserling, remplace les aiguilles de l'ancien appareil par deux règles en fer, parfaitement parallèles, fixées par un support en fonte contre un plateau en bois, à la distance exacte que doit avoir la longueur de chaque pli de la pièce à mètrer. Ces règles parallèles portent des coulants, ou lames en laiton, armés de petites pointes en acier, qui retiennent chaque pli sans percer la lisière de trous. Ces lames en laiton sont numérotées de manière à ce que tous les nombres pairs se trouvent d'un côté et les nombres impairs de l'autre. Chaque pli porte ainsi son numéro, et, arrivé au dernier, l'ouvrier peut lire sur la plaque le nombre de plis qu'il a formés. Si même, par inadvertance, il avait sauté l'une des plaques, il reconnaîtra son erreur, en voyant qu'une plaque vide reste entre les plis de l'étoffe, ou en reconnaissant que les nombres restants des deux côtés ne se suivent plus. Les plis de la pièce ainsi formés sont parfaitement réguliers et se dégagent très facilement de l'appareil, en faisant faire à l'une des règles un quart de tour, pour incliner les plaques de laiton à l'aide d'un levier, qui sert à les retenir dans la position voulue.

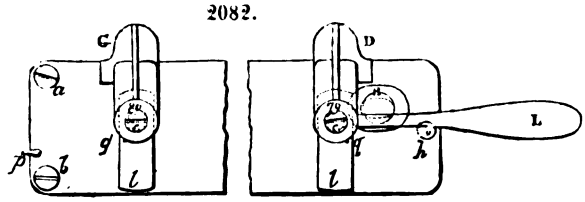
Un ouvrier peut mètrer avec cet instrument, par heure, neuf pièces blanches, de 50 à 60 mètres chaque.

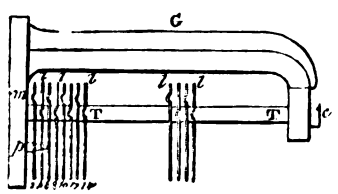
Les vues de profil, fig. 2082, et de face, fig. 2083, du rectomètre, montrent que cet instrument se compose de deux parties G et D, fixées sur une même planchette horizontale, l'une G, à gauche, l'autre D, à droite; la première, par les deux vis *a* et *b*, la seconde, par le boulon B, qui pénètre dans une plaie contre les parois de laquelle il exerce une pression. Chaque partie G et D se compose d'un support en fonte, représenté pour G de face et latéralement, et seulement de face pour D. Une tringle en fer carrée T T, est soutenue par le support en *m* et en *c*. Pour la partie G, *m* est un carré qui assure la stabilité de la tringle : *c* est une vis qui fixe l'autre extrémité. Pour la partie D, *m* est cylindrique, de sorte que la tringle T T peut tourner autour de son axe, à l'aide d'un levier L, qui est maintenu dans la position horizontale par la cheville mobile *h*. Sur les deux tringles T T, glissent des lames en laiton *l*, numérotées, celles de gauche de 2 à 80, celles de droite de 1 à 79 (les premières représentant la série des nombres pairs, et la deuxième, celle des nombres impairs). Chaque lame est percée d'un trou rectangulaire, ayant horizontalement l'épaisseur de la tringle et verticalement cette dimension augmentée de 2 millimètres environ : par cette disposition, la lame peut glisser librement sur la tringle, en conservant sa position verticale. Chaque lame est munie d'une pointe *q* en acier, correspondant à une ouverture circulaire, qui permet le placement et le déplacement de la pointe. Enfin, de petits refoulements, opérés près d'une des arêtes des lames, forment de légères saillies qui s'opposent au contact immédiat des lames, et rendent plus facile l'usage auquel elles sont destinées. Un crochet *p* se trouve sur le support de gauche, en ligne avec les pointes des lames.

Digitized by Google

Supposons maintenant qu'il soit proposé de mesurer des étoffes par plis de 1 mètre. Le support G étant fixé sur une latte horizontale, au moyen des vis *a* et *b*, on fixera à sa droite, sur la même latte, le support D, au moyen du boulon B, de manière à ce qu'il y ait une distance de 1 mètre entre les arêtes extérieures des lames.

2082.





2083.

La plaie dans laquelle glisse le boulon B rend cette opération très facile. Le levier L est maintenu horizontalement par la cheville *h*, de sorte que, de part et d'autre, les lames sont verticales. On fait glisser les lames sur chaque tringle, de manière à les porter en avant vers la vis *c* et à laisser libre l'espace postérieur. Alors on fixe au crochet *p* l'extrémité de la lisière ; on tient cette lisière de la main droite, on l'appuie contre la latte, en dépassant la lame n° 1, située en D ; on détache cette lame des autres au moyen de la main gauche, en faisant glisser sur la tringle jusqu'à ce qu'elle s'appuie sur l'étoffe ; alors on fait revenir la lisière en avant de la lame, en l'appuyant sur son arête extérieure, avec laquelle elle se trouve fixée par la pointe *q* ; puis on revient à gauche, en s'appuyant sur le premier pli. On détache la lame n° 2, que l'on fait glisser jusqu'à ce qu'elle rencontre l'étoffe ; on fait revenir la lisière en avant de cette lame, comme on l'a fait pour le n° 1, et ainsi de suite. Pour détacher l'étoffe, on enlève la cheville *h*, le levier L descend, en inclinant les lames de D vers la gauche, et rien ne s'oppose à ce que l'on enleve les plis, qui sont d'ailleurs maintenus par l'ouvrier.

PLOMB (*angl.* lead, *all.* bley). Le plomb est un métal connu dès la plus haute antiquité ; il est d'un blanc bleuâtre, très éclatant lorsqu'il vient d'être râclé. Il n'a presque pas de saveur, mais il possède une odeur particulière assez prononcée ; il est très mou, se laisse rayer avec l'ongle, et tache en gris bleuâtre, par le frottement, les corps et le papier. Il est malléable et ductile, et peut être réduit en feuilles très minces au laminoir ou au marteau. Sa ténacité est très faible, et il se rompt sous un poids de 2k,85 par centimètre carré de section. Sa densité est de 11,445. Son point de fusion varie de 326° à 340°, suivant sa pureté. A la température d'un feu de forge (130° du pyromètre de Wedgwood) et dans un creuset brasqué, il s'en volatilise 1/10e dans une heure. Il se ternit promptement au contact de l'air et se recouvre d'une pellicule noirâtre qui forme vernis, et qui est regardée par Berzélius comme un sous-oxyde. Chauffé jusqu'à fusion, le plomb se recouvre d'abord d'une pellicule irisée d'oxyde, puis les couleurs disparaissent, et on voit surnager sur le bain de l'oxyde jaune pulvérulent ; lorsque la chaleur est portée au rouge, l'oxyde lui-même se fond, le plomb s'oxyde très rapidement et répand dans l'atmosphère des vapeurs qui brûlent avec une flamme d'un blanc livide, et qui sont connues sous le nom de fumées de plomb. Le plomb fondu au contact de l'air, à une température élevée, paraît pouvoir absorber une faible quantité de l'oxyde qui se forme alors à la surface et devenir très cassant. Le plomb ne décompose sensiblement la vapeur d'eau qu'à la chaleur blanche. L'acide hydrochlorique concentré et bouillant l'attaque à peine ; il décompose au rouge cet acide à l'état gazeux. L'acide sulfurique ne l'attaque que lorsqu'il est concentré et bouillant, et le transforme alors en sulfate insoluble. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent avec la plus grande facilité, même à froid et étendus. Le plomb s'oxyde facilement au contact de l'air, en présence des acides les plus faibles, et même de l'eau ; il se recouvre dans ce dernier cas d'une pellicule blanchâtre d'hydrate d'oxyde, qui est légèrement soluble dans l'eau et lui communique une saveur un peu sucrée, et la propriété de devenir laiteuse au contact prolongé de l'air en donnant lieu à un précipité de carbonate de plomb. On peut faire cristalliser cet hydrate d'oxyde dans le vide ; lorsque l'eau renferme une très faible proportion de matières salines, comme l'eau de source ou de puits, l'hydrate de plomb ne s'y dissout plus sensiblement. Le plomb s'attaque très bien, par voie sèche, par le nitre. Il se combine facilement avec tous les gazolites, excepté l'hydrogène, le bore, le silicium et le carbone. Il s'allie avec presque tous les métaux, le fer excepté. L'alliage avec l'antimoine et un peu d'étain forme les caractères d'imprimerie, le pewter, etc. L'alliage de 2 parties de plomb et 1 p. d'étain constitue la soudure des plombiers ; l'alliage à parties égales de plomb et d'étain forme la soudure des ferblantiers ; ce dernier alliage est très combustible, et donne, lorsqu'on le chauffe au rouge, un mélange ou combinaison d'oxydes de plomb et d'étain, connu dans les arts sous le nom de *potée d'étain*, et qui est employé pour polir et préparer les émaux. Les alliages triples de plomb, d'étain, de bismuth, sont très fusibles, et sont connus sous le nom d'*alliages fusibles*. Enfin le plomb a une grande affinité pour l'or et l'argent, et on utilise dans les arts cette propriété pour séparer ces derniers métaux des matières terreuses ou ferreuses qui les accompagnent ; on les sépare ensuite du plomb par la *coupellation* (voyez ARGENT).

Oxydes de plomb.

On connaît deux oxydes de plomb, le protoxyde (litharge ou massicot) et le deutoxyde ou oxyde puce. Quelques personnes regardent le minium comme un oxyde particulier. Ces oxydes sont facilement réduits par l'hydrogène, le charbon, les corps combustibles, le soufre, etc., et par les métaux très oxydables.

Lorsqu'on fond du plomb à une basse température au contact de l'air, il se recouvre d'une matière pulvérulente jaune qui est du *protoxyde de plomb* ou *massicot*. Si on élève la température, l'oxyde de plomb fond et porte alors plus spécialement le nom de litharge ; il est alors vitreux ou en paillettes cristallines, jaune ou rougeâtre, d'où vient dans le commerce la distinction des litharges en *litharges jaunes* et *litharges rouges* ; ces dernières doivent leur couleur à l'absorption d'une faible quantité d'oxygène pendant leur refroidissement. Elles ont une valeur commerciale notablement supérieure à celle des litharges jaunes. On les produit aisément dans les usines à plomb en faisant couler la litharge en fusion dans de grands creusets où elle se trouve en grandes

Digitized by Google

masses, que l'on soumet à un refroidissement spontané et très lent. Si, au contraire, on laisse couler la litharge en filets minces qui se solidifient presque instantanément, on obtient presque toujours des litharges jaunes ; il n'y a alors d'autre moyen de transformer celles-ci en litharges rouges, que de les pulvériser et de les placer en couches minces sur une plaque de tôle, que l'on chauffe jusqu'au rouge sombre très faible, au contact de l'air, sans atteindre le point de fusion, et que l'on laisse ensuite refroidir lentement.

Le protoxyde de plomb ainsi obtenu est très légèrement soluble dans l'eau distillée. C'est une des bases métalliques les plus énergiques. Lorsqu'on le chauffe avec du sulfure de plomb, il se dégage de l'acide sulfureux, et tout le plomb est ramené à l'état métallique. C'est une oxydant énergique et très employé dans les arts; c'est de cette manière, par exemple, qu'il agit dans la préparation des huiles siccatives.

Le protoxyde de plomb se combine aisément, par voie sèche et par voie humide, avec les alcalis caustiques et les terres alcalines ; plusieurs de ces combinaisons sont même solubles et cristallisables. Par voie sèche, l'oxyde de plomb se combine avec la plupart des oxydes métalliques, en donnant naissance à des composés fusibles. Il fond aisément avec le silice en donnant un verre incolore ; cette propriété sert de base à la fabrication des cristaux, comme nous le verrons au mot VERRE.

Le protoxyde de plomb se compose de :

Plomb.	0,93	$Pb\,O$.
Oxygène.	0,07	

Il forme avec l'eau un hydrate blanc dont nous avons parlé plus haut.

Le *peroxyde de plomb* ou *oxyde puce* est de couleur puce foncée ; chauffé au rouge, il se réduit à l'état de protoxyde, en laissant dégager de l'oxygène ; c'est par suite un oxydant très énergique. On l'obtient, soit en traitant le minium par l'acide nitrique, soit en décomposant un sel de plomb par un chlorite alcalin en excès. Il se compose de :

Plomb.	0,867	$Pb\,O^2$.
Oxygène.	0,133	

Le *minium* est d'un rouge brillant plus ou moins orangé. Il prend le nom de *mine-orange* lorsqu'il a été préparé au moyen de carbonate de plomb. Nous ne parlerons pas de la fabrication du minium, qui a déjà fait dans cet ouvrage l'objet d'un article à part. C'est un composé de protoxyde et de peroxyde en proportions variables. Lorsqu'on le traite à froid par l'acide nitrique, il se forme du nitrate de protoxyde de plomb qui entre en dissolution, et de l'oxyde puce qui reste sans se dissoudre.

Sels de plomb.

Les sels de plomb sont tous à base de protoxyde ; ils sont en général incolores. Les alcalis fixes forment dans leurs dissolutions un précipité blanc, gélatineux, soluble dans un excès de réactif ; les carbonates alcalins y forment des précipités blancs, grenus, insolubles dans un excès de réactif. L'acide sulfurique et les sulfates en précipitent le plomb, même en présence de matières organiques, à l'état de sulfate blanc, grenu et très lourd, soluble seulement dans l'acide hydrochlorique. Les phosphates et les arséniates y forment des précipités blancs solubles dans l'acide nitrique. Les oxalates les précipitent en blanc. L'acide hydrochlorique et les chlorures donnent, dans les dissolutions concentrées, des précipités cristallins de chlorure de plomb. Les chlorites alcalins en précipitent de l'oxyde puce. Le prussiate jaune les précipite en blanc; le prussiate rouge ne les trouble pas. Les iodures alcalins y forment des précipités jaunes écailleux, solubles dans un excès d'iodure. Le chrômate de potasse y produit des précipités grenus d'un très beau jaune. L'hydrogène sulfuré y forme un précipité de sulfure noir insoluble dans un excès d'hydro-sulfate. Enfin, le fer et le zinc, plongés dans une dissolution de plomb, en précipitent ce métal à l'état de lamelles métalliques très brillantes (l'*arbre de Saturne* s'obtient en prenant une dissolution d'acetate de plomb ou sel de Saturne, et la précipitant par un morceau de zinc auquel sont fixées de petites branches de fils de zinc, ou même de laiton). Les principaux sels de plomb sont les suivants :

Sulfure. Le sulfure de plomb se trouve dans la nature. Il est alors généralement d'un gris bleuâtre métallique très éclatant, fragile, cristallisant dans le système régulier, avec trois clivages rectangulaires, et ayant une densité = 7.585. Il est très fusible, mais moins que le plomb, et plus volatil. Fondu, il traverse très rapidement les creusets de terre, mais sans les attaquer comme la litharge. Par le grillage, il se transforme en un mélange d'oxyde et de sulfate. L'acide nitrique étendu le dissout ; l'acide nitrique concentré et bouillant le transforme en sulfate insoluble. L'acide hydrochlorique ne l'attaque que difficilement, et lorsqu'il est concentré et bouillant. A la température de 50° pyrométriques, le sulfure de plomb est complétement décomposé par le fer, le cuivre, l'antimoine, l'étain et le zinc Fondu avec le plomb, il donne un sous-sulfure de même aspect que le sulfure, moins fragile, demi-ductile, plus fusible et moins volatil. Il a beaucoup de tendance à former des sulfures doubles. Par voie sèche, les alcalis caustiques et les carbonates alcalins le ramènent partiellement à l'état métallique ; lorsqu'on ajoute en outre une certaine quantité de charbon, il peut être complétement réduit. Le nitre, employé en proportions convenables, le ramène complétement à l'état métallique. Lorsqu'on le chauffe avec de l'oxyde ou du sulfate de plomb, il se dégage de l'acide sulfureux et il se forme du plomb métallique. Le sulfure de plomb est composé de :

Plomb.	0,8655	$Pb\,S$.
Soufre.	0,1345	

On prépare aussi le sulfure de plomb par voie humide, en précipitant un sel de plomb par l'hydrogène sulfuré ; en cet état, il est noir et se convertit très rapidement en sulfate au contact de l'air.

Sulfate. Le sulfate de plomb est blanc, grenu et très pesant ; il est insoluble dans l'eau et la plupart des acides ; l'acide hydrochlorique le dissout en le transformant en chlorure. C'est un oxydant énergique par voie sèche.

Séléniure. A beaucoup d'analogies avec le sulfure.

Chloro-phosphate. Se trouve dans la nature.

Nitrate. Très soluble, cristallise facilement, et est employé comme oxydant très énergique par voie sèche.

Chlorure. Le chlorure de plomb est d'un blanc satiné, cristallise aisément en aiguilles ou en écailles nacrées ; il est assez peu soluble dans l'eau, davantage dans l'acide hydrochlorique, et tout à fait insoluble dans l'alcool à 25°. Il se fond très aisément en une masse d'un blanc perlé, translucide comme de la corne, et se vaporise à la chaleur rouge en répandant d'épaisses fumées blanches. Il se compose de :

Plomb.	0,854	$Pb\,Cl^2$.
Chlore.	0.146	

Il se combine en toutes proportions avec l'oxyde de plomb, en formant des oxy-chlorures jaunes; l'un d'eux, que l'on obtient en chauffant 10 parties de litharge avec 7 p. de sel ammoniac, ou en formant une bouillie de 4 p. de litharge et 1 p. de sel marin, laissant réagir quelques jours et soumettant ensuite à une calcination modérée, est employé en peinture sous le nom de *jaune de Turner*, son inventeur.

Carbonate. Le carbonate de plomb est blanc, pulvérulent, insoluble dans l'eau. Il est très employé dans les arts sous le nom de *blanc de plomb* ou de *céruse*.

Digitized by Google

Nous avons décrit sa préparation dans un article séparé.

Oxalate. L'oxalate est blanc, pulvérulent et insoluble dans l'eau.

Acétates. L'acide acétique forme avec le plomb plusieurs combinaisons très employées dans les arts, et surtout pour la fabrication de l'acétate d'alumine et du carbonate de plomb : nous en avons parlé avec détails à l'article ACÉTATES.

Chromates. Les chromates de plomb sont employés pour obtenir diverses nuances de jaune dans la teinture et la peinture. Ils sont insolubles et se préparent par double décomposition (voyez CHROMATES).

Minerais.

Les minerais de plomb se trouvent dans presque tous les terrains, mais surtout, soit dans les calcaires et la grauwacke des terrains de transition, soit dans les grès et calcaires qui recouvrent immédiatement le terrain houiller, soit dans le muschelkalk, soit enfin dans les arkoses ou grès feldspathiques, qui se trouvent à la base du terrain jurassique. Ces minerais sont très nombreux et généralement associés ensemble ; nous ne citerons que les suivants, qui se trouvent seuls en quantité suffisante pour constituer des minerais proprement dits.

Galène. La galène ou sulfure de plomb, dont nous avons déjà décrit les caractères plus haut, est de beaucoup le plus abondant des minerais de plomb. Elle est le plus souvent lamellaire, quelquefois, mais rarement, compacte, à cassure lisse ou grenue. Elle renferme presque toujours une faible proportion d'argent, ordinairement 0,0004 à 0,0030. Pure, elle tient 0,86 de plomb. Elle est souvent antimoniale. Outre la fabrication du plomb, la galène est employée à l'état naturel, sous le nom d'*alquifoux*, pour vernisser les poteries communes (voyez POTERIES).

Séléniure. Présente le même aspect que la galène, et ne peut en être distingué que par un essai.

Sulfate. Cristallisé, incolore ; assez rare.

Chloro-phosphate. Assez commun. Il est ordinairement cristallisé en prismes hexaèdres réguliers, jaunes, jaunes verdâtres, vert d'herbe ou brun, présentant un éclat gras adamantin.

Chloro-arséniate. Présente les mêmes caractères que le précédent ; il est le plus souvent d'un jaune de cire.

Carbonate. Après la galène, le carbonate de plomb ou *plomb blanc* est le plus répandu des minerais de plomb. Il est blanc, transparent, lourd, et a un éclat adamantin ou un reflet nacré ; il cristallise en prismes tétraèdres allongés ou en aiguilles.

Chromate. Le chromate de plomb ou *plomb rouge* vient de Sibérie. Il était autrefois fort recherché à cause de son emploi en peinture : mais actuellement on le prépare de toutes pièces au moyen de l'acétate de plomb et du chromate de potasse, que l'on fabrique avec le fer chromé ou chromite de fer.

Essai des matières plombeuses.

Sous le rapport de l'essai par voie sèche des matières plombeuses, nous rangerons ces matières en trois classes :

1re *classe.* Matières plombeuses ne renfermant ni soufre, ni sélénium, ni arsenic. Ce sont les litharges, abstrichs, abzugs, fonds de coupelle, fumées, carbonate natif, chloro-phosphate, scories de plomb, etc.

L'essai est très simple et se réduit à fondre la matière avec un mélange d'un réductif et d'un flux alcalin, 3 à 4 parties de flux noir, par exemple.

2e *classe.* Matières plombeuses sulfurées : les sulfures, c'est-à-dire la galène et les mattes, et les séléniures.

Autrefois on grillait le sulfure, puis on faisait l'essai comme pour les matières de la première classe, mais ce mode d'essai est actuellement abandonné, comme plus long et moins exact que les autres.

On fait souvent l'essai en mettant dans un scorificatoire, au fourneau à moufle, 4 parties de carbonate de soude et 1 p. de la matière à essayer, chauffant lentement et graduellement jusqu'à ce que la matière devienne parfaitement liquide, puis retirant le scorificatoire, la laissant refroidir, et la cassant pour retirer le culot de plomb. On peut opérer dans un creuset, au fourneau de calcination, pourvu qu'on ait l'attention de laisser le creuset découvert. Au lieu du carbonate de soude, on peut employer du flux noir ; l'essai se fait alors dans des creusets, parce qu'il n'exige pas le contact de l'air.

Nous avons vu que l'on peut réduire complétement la galène en employant 25 à 30 p. 100 de fer métallique, mais comme le sulfure de fer qui se forme exige une température assez élevée pour se fondre, et que la matière à essayer peut renfermer une proportion plus ou moins grande de gangues pierreuses, il est préférable d'employer un mélange de fer et de carbonate de soude, qui sert de fondant, et qui donne naissance, en outre, à un sulfure double de fer et de sodium beaucoup plus fusible que le sulfure de fer. On ajoute 1/2 à 2 parties de carbonate de soude, suivant qu'il y a moins ou plus de gangue, et 0,10 à 0,30 de fer en fils ou en petits clous, suivant qu'il y a plus ou moins de carbonate de soude. Il est encore plus commode de fondre, dans un creuset de fer ou de fonte, la matière mélangée seulement avec du flux noir ou du carbonate de soude, puis, aussitôt que la fusion est complète, on coule le tout dans une lingotière ; on laisse refroidir, et on sépare aisément le culot de plomb de la scorie qui le recouvre. Ce dernier moyen d'essai est de beaucoup le plus exact et le plus commode.

Enfin, lorsque le plomb obtenu par l'essai doit être subséquemment essayé pour argent, on essaie le plus souvent la galène en la fondant avec 2 parties de carbonate de soude et 0,30 à 0,40 de nitrate de potasse. La fusion a lieu très rapidement et sans boursouflement ; les scories sont très liquides et ne renferment pas de grenailles. Il n'y a pas d'inconvénient à mettre un peu trop de nitre. Il est vrai qu'alors une partie du plomb s'oxyde et passe dans la scorie, mais l'argent se concentre toujours en entier dans le culot de plomb qui reste.

Pour les galènes antimoniales ou renfermant du sulfure d'antimoine, en les fondant avec 3 ou 4 parties de carbonate de soude seul, ou mélangé d'une quantité convenable de nitre, on obtient du plomb à peu près pur et l'antimoine reste dans la scorie. Si, au contraire, on fond cette matière avec un mélange, en proportions variables, de carbonate de soude et de fer métallique, ou si l'on opère dans un creuset de fer ou de fonte, le culot de plomb obtenu sera cassant et renfermera tout l'antimoine qui se trouvait dans la matière à essayer.

3e *classe.* Matières plombeuses renfermant de l'acide sulfurique, de l'arsenic, etc., comme les sulfates et les arséniates.

L'essai de ces matières se fait très bien, en les fondant avec du flux noir mélangé de fer métallique, ou avec du flux noir seul, en opérant dans des creusets de fer ou de fonte.

Essai par voie humide des matières renfermant du cuivre et du plomb.

Depuis que notre article CUIVRE a paru dans ce Dictionnaire, M. Pelouze a découvert un procédé aussi simple qu'ingénieux pour doser à 2 ou 3 millièmes près la proportion de cuivre contenue dans un alliage ou un minerai quelconque ; et, peu de temps après, un de ses élèves, M. Flores Domonté, a fait connaître un procédé de dosage du plomb par voie humide, basé

Digitized by Google

absolument sur le même principe. Ces moyens d'essai présentant une exactitude infiniment plus grande que les divers procédés, soit par voie sèche, soit par voie humide, employés jusqu'à ce jour, et s'exécutant dans un temps beaucoup plus court, sont appelés à rendre à la métallurgie et au commerce des métaux le même service que l'alcalimétrie, la chlorométrie, etc., ont rendu à d'autres branches de l'industrie; nous jugeons donc convenable d'entrer à ce sujet dans quelques détails, d'autant plus que ces procédés n'ont été mentionnés jusqu'ici que dans les derniers numéros du compte rendu de l'Académie des Sciences, et qu'ils n'ont encore pu être publiés dans aucun autre ouvrage.

Le procédé de dosage du cuivre par voie humide, dû à M. Pelouze, consiste à dissoudre 1 partie de la matière à essayer (alliage ou minerai) dans 7 à 8 parties d'acide nitrique du commerce ou d'eau régale; on étend la dissolution d'un peu d'eau, et l'on y verse un excès d'ammoniaque (20 à 25 parties). On obtient ainsi une dissolution d'un bleu très intense, lorsque la proportion de cuivre est assez notable : on opère dans un ballon de verre d'une capacité suffisante que l'on chauffe au-dessus d'une lampe à esprit-de-vin; d'un autre côté, on dissout dans l'eau du sulfure de sodium cristallisé du commerce; ce sulfure peut d'ailleurs contenir de l'hyposulfite, du sulfite ou du carbonate de soude, et même de la soude caustique, sans que cela puisse apporter la moindre erreur dans le dosage du cuivre. M. Pelouze prépare cette dissolution, de manière à ce qu'elle renferme environ 110 grammes de sulfure de sodium par litre d'eau distillée. On introduit cette dissolution dans une burette graduée, analogue à celle dont on se sert dans les essais alcalimétriques; on porte la liqueur cuivreuse ammoniacale à l'ébullition, et l'on y verse, jusqu'à décoloration, la dissolution de sulfure de sodium, en ayant soin d'ajouter de temps en temps de l'ammoniaque étendue, afin de remplacer celle qui s'évapore. L'affaiblissement de la teinte bleue indique facilement à l'opérateur que la fin de l'expérience approche, et il a soin de verser goutte à goutte les dernières portions de sulfure; il peut, du reste, terminer l'opération avec une dissolution décime, comme pour les essais d'argent. L'opération terminée, on lit sur la burette le nombre de divisions de la liqueur sulfureuse qu'il a fallu employer pour produire la décoloration. Chaque fois que l'on a une série d'essais à faire, on détermine d'avance le titre de la dissolution par un essai préliminaire fait sur un poids connu de cuivre pur. On obtient alors la teneur en cuivre dans les essais subséquents par une simple proportion. Supposons, par exemple, que l'on ait reconnu qu'il faille employer 30 centimètres cubes de la dissolution de sulfure de sodium pour 1 gramme de cuivre pur, tel, par exemple, que celui que l'on obtient par la galvanoplastie, et qu'il faille en employer 44^{cc},7 pour 10 grammes d'un minerai de cuivre, ces 10 grammes renfermeront $\frac{44,7}{30} = 1^{gr},49$ de cuivre ou 14,9 p. 100.

La présence du zinc, du cadmium, du plomb, de l'antimoine, du fer, de l'arsenic et du bismuth n'altèrent en rien l'exactitude de ce procédé. Lorsqu'il y a de l'étain, il convient d'ajouter à la dissolution ammoniacale une petite quantité de nitrate de plomb; si la matière à essayer ne renferme pas de plomb, l'oxyde de plomb, en se précipitant, entraîne avec lui l'acide stannique, qui, sans cela, reste quelquefois en suspension dans la liqueur, la rend opaline, et rend difficile à apprécier le moment précis de la décoloration. Lorsqu'il y a de l'argent, il faut d'abord le précipiter par un excès d'acide hydrochlorique, filtrer, et employer la liqueur filtrée et les eaux de lavage pour le dosage du cuivre. Il est possible que ce procédé ne puisse s'appliquer au cas où les matières cuivreuses renferment du cobalt ou du nickel, les oxydes de ces métaux étant solubles dans l'ammoniaque et la colorant en rose ou en bleu; mais ce cas ne se présente guère que pour les alliages connus dans le commerce sous le nom d'*argentan*, *maillechort* ou *packfong*.

Le procédé employé par M. Flores Domonté pour le dosage du plomb, ne diffère de celui employé pour le cuivre qu'en ce qu'au lieu d'employer l'ammoniaque, qui ne dissout pas l'oxyde de plomb, il se sert d'une dissolution de potasse caustique en excès qui le redissout complétement. L'équivalent du plomb étant beaucoup plus considérable que celui du cuivre, il emploie une dissolution de sulfure de sodium environ trois fois plus étendue que celle indiquée pour le cuivre, et contenant, par conséquent, de 35 à 40 grammes de sulfure de sodium par litre d'eau distillée. On titre cette dissolution toutes les fois qu'on a une série d'essais à faire, et on opère, du reste, absolument comme dans l'essai pour cuivre, à cette différence près qu'on ne peut plus se guider sur la décoloration de la liqueur, mais seulement sur le moment précis où une goutte de réactif ajouté ne produit plus de précipité noir de sulfure de plomb. On obtient ainsi la teneur en plomb à moins de 1 p. 100.

L'étain, l'antimoine et l'arsenic ne donnent lieu à aucune erreur, par la raison qu'ils ne sont pas précipités par le sulfure de sodium en présence d'un grand excès d'alcali. Le fer, le nickel et le cobalt, étant précipités par la potasse, n'altèrent en rien l'exactitude de l'essai. Le zinc se précipite, il est vrai, immédiatement après le plomb; mais son sulfure étant blanc et celui du plomb étant noir, ce changement de couleur est plus facile à saisir que la non précipitation elle-même. Lorsque le plomb se trouve allié au cuivre, le procédé devient un peu plus compliqué : on dose d'abord le cuivre seul par le procédé de M. Pelouze; on titre la liqueur sulfurée par le procédé de M. Flores Domonté, en employant successivement du plomb pur et un alliage en proportions connues de plomb et de cuivre, ce qui permet de calculer ce qu'il faut de cette seconde dissolution sulfureuse pour précipiter 1 partie de cuivre pur. On essaie la matière plombo-cuivreuse comme à l'ordinaire; on retranche de la quantité de dissolution sulfureuse le nombre déterminé ci-dessus de divisions nécessaires pour précipiter le cuivre seul, et la différence correspond au plomb seul et permet d'en calculer la proportion. Il serait beaucoup plus simple d'employer, dans ce cas, la même dissolution sulfureuse pour doser le cuivre et le plomb, dans les dissolutions ammoniacales et potassiques, si, comme il serait facile de le vérifier, il fallait employer des quantités égales de la même dissolution de sulfure de sodium pour un même poids de cuivre, soit que ce dernier fût en dissolution dans une liqueur ammoniacale, soit qu'il fût à l'état d'oxyde précipité dans la liqueur potassique, ce qui est probable, puisque, même dans ce cas, il doit se sulfurer avant le plomb.

Ce procédé s'applique surtout avec la plus grande facilité à l'acétate et au pyrolignite de plomb, et aux céruses qui sont presque toujours fraudées dans le commerce.

On applique également avec facilité cette méthode aux minerais de plomb, même sulfurés; mais, quoiqu'elle donne des résultats beaucoup plus exacts que les essais par voie sèche, où la perte est encore de 8 à 10 pour 100, elle ne peut les remplacer toutes les fois que l'on veut examiner si ces minerais sont en même temps argentifères, ce qui nous a déterminé à décrire les méthodes d'essai par voie sèche avec quelques détails.

Traitement métallurgique.

Les procédés ou méthodes de traitement des minerais de plomb, quoique très nombreux, peuvent être tous

Digitized by Google

rangés en trois classes, qui consistent : 1° à griller le minerai (en majeure partie composé de galène) jusqu'à un certain point, puis à faire réagir l'oxyde et le sulfate de plomb formés pendant le grillage sur le sulfure non décomposé, ce qui donne lieu à un dégagement d'acide sulfureux et à la production de plomb métallique ; 2° à griller complétement le minerai et à le réduire par le charbon ; 3° à réduire le minerai cru, ou partiellement grillé, par le fer.

1re *classe*. Toutes les méthodes de traitement de la première classe ne s'appliquent qu'à des minerais rendant au moins 50 p. 100 de plomb, et s'exécutent exclusivement dans des fours à réverbère, où l'on effectue successivement, et dans le même four, le grillage du minerai et la réaction de l'oxyde et du sulfate formés sur le sulfure non décomposé. On emploie comme combustible du bois ou de la houille, suivant les localités. Nous allons passer rapidement en revue les méthodes de cette classe, usitées dans les principaux centres de production du plomb.

Méthode du Bleiberg. — Le minerai du plomb que l'on traite par cette méthode a été enrichi, autant que possible, par la préparation mécanique, ce qui est permis, parce que la teneur en argent du plomb que donne le minerai, est ordinairement trop faible pour qu'il y ait bénéfice à coupeller le plomb obtenu.

Le four à réverbère qui sert au traitement du minerai de plomb est d'une forme très simple : la sole rectangulaire a $3^m,40$ de long sur $1^m,40$ de large, et se raccorde par des parties circulaires avec la porte de travail, qui a $0^m,32$ en tous sens et est placée à l'une des extrémités du grand axe. La sole est composée d'une assise de maçonnerie, recouverte d'une couche d'argile de $0^m,32$, au-dessus de laquelle vient une épaisseur de $0^m.17$ environ de débris de sole concassés, que l'on réunit et que l'on bat avec des ringards en les soumettant à une haute température. Une sole bien préparée dure de deux à trois semaines ; au bout de ce temps, on en répare et on en renouvelle la partie superficielle. On donne à la surface de la sole une certaine concavité, dont la flèche est au milieu de $0^m,16$, et un peu moindre vers l'extrémité opposée à la porte de travail, pour qu'on puisse facilement y charger et y étendre les schlichs ; on lui donne en outre, vers la porte de travail, une inclinaison sensiblement uniforme de $0^m,18$ par mètre. La chauffe est placée parallelement à l'un des longs côtés de la sole et règne sur toute sa longueur, mais la grille ne s'étend que sur une longueur de $1^m,58$; l'ouverture par laquelle la flamme pénètre dans le fourneau a également $1^m,58$ de long, et sa hauteur est de $0^m,16$; la flamme se rend ensuite dans le rampant placé près de la porte de travail, et de là dans la cheminée, dont la section intérieure a $0^m,40$ de côté. La pente de la chauffe est d'environ $0^m,25$ par mètre ; on n'y brûle que du bois. La chauffe et la sole sont recouvertes par une même voûte cylindrique surbaissée, placée à $0^m,35$ ou $0^m,40$ au-dessus du milieu de la sole, et à $0^m,16$ au-dessus de l'autel.

Chaque opération se compose de trois parties : le grillage, le brassage et le ressuage.

1° *Grillage*. L'opération précédente étant terminée, on laisse refroidir le fourneau pendant un quart d'heure, puis on charge par la porte de travail de 210 à 240^k de minerai préparé ou schlich, que l'on répand uniformément sur la sole ; on maintient la chaleur au rouge obscur pour éviter de fondre le sulfure, et cette température doit être d'autant plus basse que le sulfure est plus pur, parce que les gangues étant très peu fusibles ou infusibles, diminuent la tendance à la fusion. Toutes les demi-heures on remue le schlich avec un long râble, dont le manche s'appuie sur un crochet attaché à une chaîne. Cette première opération dure environ trois heures.

2° *Brassage*. A mesure que le grillage avance, on élève graduellement la température, ce qui n'a pas d'inconvénient, parce que la fusibilité de la matière diminue à mesure qu'elle s'oxyde ; en outre, l'oxyde et le sulfate formés réagissent sur le sulfure non décomposé, et il se forme du plomb qui coule sur la sole et vient tomber dans un bassin ou lingotière en fer placé en avant de la porte de travail. L'ouvrier remue fréquemment en étalant le minerai, puis le ramenant en un seul tas ; vers la fin, il le pousse au fond du fourneau, où la température est la plus élevée, et il garnit la porte de travail de bois enflammé. Lorsque, malgré le brassage, il ne coule plus de plomb, l'ouvrier retire les résidus ou crasses riches, et passe une nouvelle charge de schlich qu'il traite comme la première. L'ensemble de ces opérations, depuis le commencement de la première charge, est de quinze heures environ ;

3° *Ressuage*. On traite à la fois les crasses riches de deux charges successives ; à cet effet, après le brassage de la seconde charge, on remet sur la sole les crasses riches du premier fondage, et on répand par dessus le tout quelques pelletées de charbon que l'on prend dans la chauffe, où même quelques bûches enflammées ; l'ouvrier mélange le tout pour réduire les oxy-sulfures, le pousse au fond du fourneau, active le feu, et bouche la porte de travail avec des bûches enflammées. Le plomb coule et, lorsqu'il cesse de paraître, l'ouvrier étend de nouveau le tas sur la sole pour opérer un grillage, après lequel il ajoute de nouveau du charbon et remet le tout en tas ; il continue ces alternatives de réduction et d'oxydation jusqu'à ce qu'il n'obtienne plus de plomb, ce qui arrive au bout de sept heures environ, et donne en tout vingt-trois heures pour l'ensemble de deux charges, ou pour la durée d'un poste, pendant lequel le travail est fait par un seul et même ouvrier. Lorsque l'opération est terminée, on retire les crasses pauvres qui restent sur la sole, on les bocarde, on les lave, et les schlichs qu'elles donnent sont repassées dans le fourneau avec le minerai cru. Le plomb obtenu est purifié par liquation, en le remettant sur la sole après l'élaboration du schlich, puis en le brassant avec un peu de travail dans la lingotière où il retombe, écumant et le coulant en lingots ou saumons. On produit seulement par vingt-quatre heures 135 à 140^k de plomb.

Le rendement que l'on obtient est moyennement comme suit :

Teneur à l'essai.	Rendement en grand.	Perte.
0,82	0,80	0,02
0,80	0,77	0,03
0,70	8,62	0,08
0,60	0,47	0,13

La perte en plomb est proportionnellement très faible relativement à celle que donnent les autres méthodes, lorsqu'on traite des minerais renfermant 0,65 de plomb et au-dessus.

Les frais de traitement sont, ainsi qu'il suit, par q. m. de schlich traité :

	fr. c.
Bois, 1/2 stère	1 00
Fer des outils.	0 10
Main d'œuvre (1/2 journée de 12 heures).	0 90
Frais généraux.	1 00
	3 00

et par q. m. de plomb obtenu, de 4 fr. 52 c.

Depuis quelque temps on a remplacé, dans certaines localités, le fourneau à une sole du Bleiberg par un fourneau à deux soles superposées, dont la supérieure est chauffée par les flammes perdues de l'autre sole, et sert à faire le grillage qui y est poussé assez loin pour donner déjà une certaine quantité de plomb. Le brassage et le ressuage se font sur la sole inférieure. On charge à la fois sur la sole supérieure 120 kilogr. de schlich ;

Digitized by Google

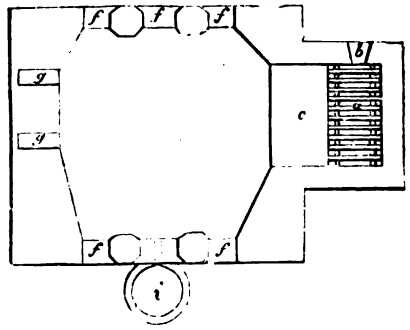
chaque opération dure 11 heures 1/2 environ et produit 276 kilogr. de plomb. La substitution du fourneau à double sole au fourneau à simple sole a procuré une économie d'environ 33 pour 100 sur le combustible, ce qui équivaut, à Bleiberg, à une économie d'argent sur le prix de revient du plomb que l'on peut évaluer à 14 ou 15 pour 100.

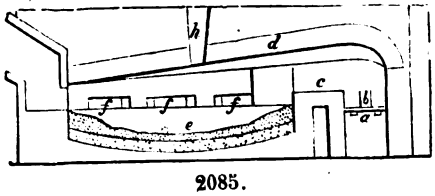
Méthode de la Sierra de Gador. Le minerai est une galène sans blende ni pyrites, avec un peu de gangue calcaire et de plomb carbonaté. Il n'y a, dans le pays, aucune force motrice naturelle, et on n'y trouve que des combustibles herbacés. On se sert, pour le traitement du minerai, de fourneaux à réverbère d'une forme particulière : la sole de ces fourneaux est circulaire et de 2m,00 ou 2m,25 de diamètre; elle est légèrement inclinée vers la porte de travail devant laquelle se trouve un bassin de réception intérieur de 0m,45 de diamètre; la hauteur de la voûte au milieu de la sole est d'environ 0m,80. A l'opposé de la porte de travail se trouve un rampant horizontal qui conduit la flamme à la cheminée, après avoir traversé une grande chambre munie de portes qui servent à régler le tirage. La chauffe n'a pas de grille; c'est une aire voûtée placée à gauche de la porte de travail, et dont l'un des côtés serait tangent à la sole près de la porte de travail, tandis que l'autre aurait une direction à peu près perpendiculaire à l'axe du fourneau. On charge à chaque opération 650 à 700 kilogr. de minerai; l'opération est conduite beaucoup plus rapidement qu'au Bleiberg, parce que le minerai renfermant une certaine proportion de carbonate de plomb, la réaction qui donne du plomb métallique commence plus tôt; il n'y a pas de ressuage proprement dit. En résumé, l'opération ne dure que 4 1/2 à 5 heures, et on voit couler du plomb dès la fin de la première heure. Chaque fois que le bassin de réception intérieur est plein, on fait écouler le plomb qu'il contient dans un bassin extérieur placé à droite de la porte de travail; on purifie le plomb comme à l'ordinaire, et on le coule dans des lingotières.

Les crasses du fourneau à réverbère sont fondues dans de tous petits fourneaux à manche, avec la moitié de leur poids de scories riches du fondage précédent. Ces fourneaux sont alimentés par des soufflets en cuir tout à fait semblables, sauf les dimensions, aux soufflets de maréchaux, et mus, comme eux, à bras d'hommes. Les scories étant très basiques dissolvent rapidement les parois du fourneau : on y passe, par 24 heures, de 4.500 à 5.000 kilogrammes de crasses, dont on retire de 12 à 20 pour 100 de plomb. On emploie comme combustible du charbon de bois seul ou mélangé de coke, venant de Marseille ou d'Angleterre, 30 pour 100 du poids des crasses.

Méthode du pays de Galles ou du *Flintshire*. Le minerai est soumis à une préparation mécanique très soignée, et sa teneur en plomb descend rarement au-dessous de 0,70. La méthode suivie pour en extraire le plomb se divise en deux parties, comme en Espagne, le traitement au four à réverbère et la fonte des crasses au fourneau à manche. Les fig. 2084 et 2085 donnent le plan et la coupe du four à réverbère employé aux environs d'Holywell : *a*, chauffe ayant 0m,75 sur 1m,30 ; *b*, porte de la chauffe ; *c*, autel ayant 0m,75 sur 0m,30 ; *e*, sole ou scories, ayant 3m de longueur sur 2m,85 de largeur ; *f*, *f*, six portes, dont trois de chaque côté, et ayant 0m,45 sur 0m,25. En avant de l'une des portes du milieu se trouve pratiqué dans la sole un bassin intérieur, dont le fond est à 0m,60 au-dessous du seuil de la porte; vis-à-vis se trouve une chaudière extérieure, en fonte, pour recevoir les coulées de plomb. *h*, est une trémie pratiquée dans la voûte du fourneau et par laquelle se fait le chargement : cette voûte est à 0m,50 au-dessus de l'autel et à 0m,25 au-dessus de la sole, à la naissance des rampants *g*; la sole est à 0m,,08 et la grille à 0m28, en contre-bas de l'autel. Une seule cheminée sert à tous les fourneaux de l'usine; cette disposition est indiquée

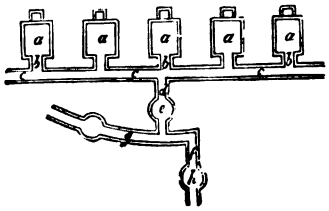
2084.





2085.

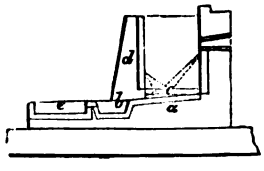
fig. 2086 : *a*, *a*, fours à réverbère ; *b*, *b*, rampants conduisant les flammes et fumées dans la conduite *c c*, d'où elles se rendent par la conduite *d* dans une chambre de condensation *e*, et de là, par la conduite *f*, dans la cheminée commune *h*; *g* est le conduit qui communique avec la chambre de condensation du fourneau à manche.

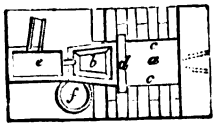


2086.

Le fourneau à manche pour la refonte des crasses est représenté fig. 2087 et 2088 ; il a intérieurement 0m,67 de long, 0m,87 de largeur moyenne et 0m,90 de hauteur. La sole *a* est formée d'une plaque de fonte légèrement inclinée vers le bassin de réception *b*, sur les côtés de cette sole sont couchés les supports en fonte *c*, *c*, sur lesquels reposent les parois latérales en grès et la plaque en fonte, qui forme la poitrine du fourneau et qui descend jusqu'à 0m,18 au-dessus de la sole. Au-dessus de la plaque de sole on bat un creuset en brasque. Le plomb se rend de l'avant-creuset *b* dans la chaudière en fonte *f*, dans laquelle on entretient un peu de feu, tandis que les scories s'écoulent par la partie supérieure et vien-

2087.





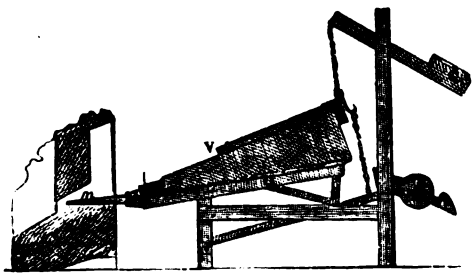
2088.

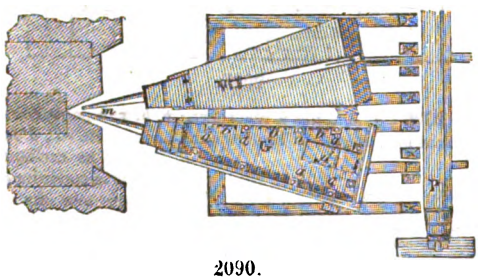
Digitized by Google

nent tomber dans un bassin *e*, plein d'eau froide qui se renouvelle constamment; elles s'y étonnent, s'y grenaillent, et on peut aisément en séparer par le lavage les parties riches, que l'on repasse dans le fourneau. La tuyère est à 0m,46 au-dessus de la plaque de sole et reçoit le vent de deux soufflets pyramidaux, fig. 2089 et 2090, dont les buses ont 3 centimètres de diamètre.

On charge à la fois 1.015k de minerai dans le four à réverbère, et chaque opération dure cinq à six heures.

2089.





2090.

On commence par un grillage à basse température et qui dure deux heures ; pendant ce temps, on fait subir une espèce de ressuage aux crasses de l'opération précédente, on purifie le plomb obtenu et on le coule en saumons. On fait ensuite trois fondages successifs, en les commençant tous par un coup de feu que l'on donne en chargeant la grille, fermant les portes et levant le registre. Les différents éléments du minerai réagissant les uns sur les autres, il se produit du plomb et des scories riches qui se réunissent dans le bassin intérieur. Les ouvriers repoussent les scories sur la sole, les étendent et les mêlent avec le minerai non réduit. On sèche ou diminue, au besoin, la fluidité des scories ou crasses par l'addition d'une certaine quantité de chaux. L'opération, comme on le voit, est menée très rapidement. On traite environ 4.060k de minerai par vingt-quatre heures, et par 100k de minerai traité la main-d'œuvre est de 0journ.,10, et la dépense en combustible 40 à 50k de houille. On obtient moyennement de 24 à 25 p. 100 de crasses, dont on repasse 100k par heure au fourneau à manche en les mélangeant avec des escarbilles de coke ; elles rendent 22 à 24 p. 100 de plomb.

Méthode du Derbyshire Le minerai que l'on traite dans le Derbyshire étant principalement composé de galène, mélangée d'une quantité notable de carbonate de plomb avec gangue de chaux fluatée et de baryte sulfatée, il est généralement impossible de l'amener par la préparation mécanique à une teneur aussi élevée qu'on le fait pour les minerais que l'on traite par les méthodes précédentes. Le travail comprend également deux parties : fonte du minerai au four à réverbère, et fonte des crasses au fourneau à manche.

Le four à réverbère est semblable à celui indiqué fig. 2084 et 2085, à cela près que la sole est un peu plus grande et la charge seulement de 800 à 850k, ce qui facilite le grillage, dont la durée est d'ailleurs d'autant moindre que le minerai renferme plus de carbonate de plomb ; on renouvelle de temps en temps les surfaces à l'aide d'un râble, en maintenant la chaleur au-dessous du rouge. Cette période est terminée quand on voit disparaître les vapeurs ou fumées qui obscurcissaient l'intérieur du fourneau, lequel s'éclaircit complétement. On ajoute alors, s'il est nécessaire, un mélange de calcaire et de chaux fluatée, qui sert de fondant, et on donne un coup de feu. Il se forme des scories très liquides et pauvres, tenant 0,09 de plomb, et que l'on jette, 20 à 22 p. 100 de crasses riches ayant une teneur de 0,28, que l'on sèche avec de la chaux ou du poussier de houille, après avoir fait écouler les scories pauvres, et du plomb métallique. On passe quatre charges par vingt-quatre heures. Les scories riches, ainsi que les écumages venant du raffinage du plomb, sont repassées, à raison de 160k par heure, dans un fourneau à manche pareil à celui indiqué fig. 2087 et 2088, et rendent 24 à 25 p. 100 de plomb.

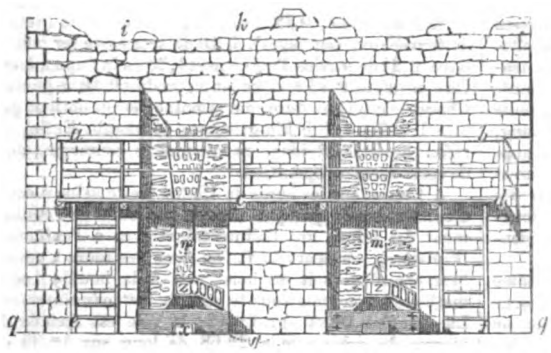
Méthode de Bretagne. Cette méthode, usitée à Poullaouen, est appliquée à des minerais ayant une teneur moyenne de 0,66 et à gangue de quarz, de blende et de pyrite. Le four à réverbère a trois portes de travail situées sur le même côté du fourneau et, dans la direction de son axe longitudinal, une quatrième porte qui sert à faire écouler les scories ; la grille a 0m,46 sur 1m,36 ; l'autel a 0m,65 de largeur minimum ; la sole a 3m,40 de long sur 1m,85 de largeur maximum ; la voûte est à 1m,35 au-dessus de l'autel, 0m,70 au-dessus de la grille, 0m48 au-dessus de la sole, près de l'autel, et 0m,30 près du rampant ; la cheminée a une section de 0m,40 de côté ; la sole est en argile battue et inclinée, d'une part, vers le rampant, et, de l'autre, vers la porte de travail du milieu. On charge à chaque fois 1.300k de minerai ; l'opération, qui dure douze heures, se divise, comme dans la méthode du Bleiberg, en trois parties : le grillage, qui dure quatre heures trois quarts ; le brassage, qui dure autant ; et le ressuage, dont la durée est de deux heures et demie, et qui se fait en ajoutant du charbon. Les charges sont beaucoup plus fortes qu'au Bleiberg et l'opération conduite plus rapidement ; la perte en plomb est à peu près la même. On consomme un poids de bois et de fagots égal à celui du minerai traité, et la main-d'œuvre est plus considérable qu'en Angleterre et à peu près égale à celle de la méthode de la Sierra de Gador. On obtient environ 0,29 de crasses blanches et de fumées, qui sont fondues au fourneau à manche, et qui rendent 32 p. 100 de plomb, avec une consommation de 1/3 de charbon de bois.

Méthode de Conflans. Depuis quelques années on a remplacé à Conflans, où l'on suit la méthode de Bretagne, le fourneau à réverbère à une sole par un fourneau à deux soles, placées à la suite l'une de l'autre, dont la seconde, chauffée à flamme perdue, sert à effectuer le grillage du minerai, tandis que la première, placée près de la chauffe, sert au brassage et au ressuage. On réalise ainsi une économie assez notable sur le combustible.

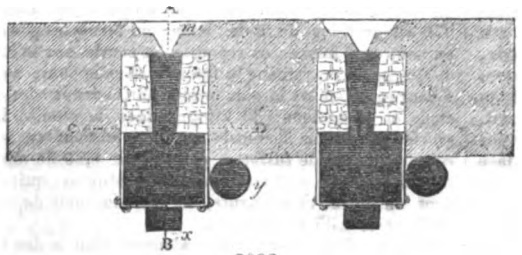
2e CLASSE. Cette classe de méthodes consiste, comme nous l'avons dit, à griller le minerai aussi complétement que possible, et à le fondre ensuite dans des fourneaux à manche ou dans des demi-hauts-fourneaux. Les minerais que l'on traite ainsi sont généralement moins riches que ceux que l'on traite par les méthodes de la première classe et plus impurs ; on les grille en tas, en cases, à plusieurs feux (Hartz), ou mieux dans des fours à réverbère de forme variée (Auvergne, Hongrie). La fonte du minerai grillé a lieu ordinairement dans de demi-hauts-fourneaux de dimensions très variables. La fig. 2092 donne le plan de deux fourneaux de ce genre, accolés, employés dans le bas Hartz ; la fig. 2091 en donn

Digitized by Google

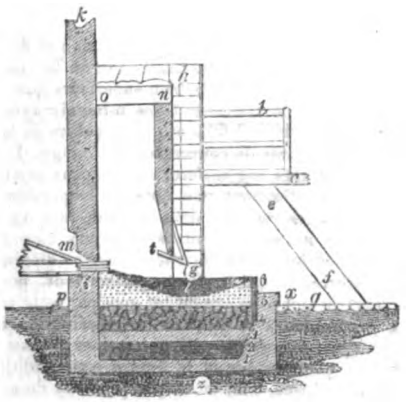
l'élévation, et les fig. 2093 et 2094 sont des coupes verticales suivant les lignes AB, CD de la fig. 2092 :



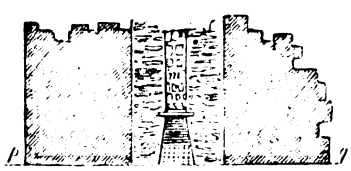
2091.



2092.



2093.

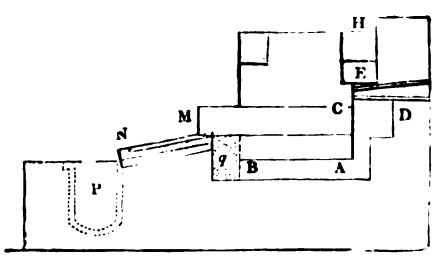


2094.

a b c d, est la plate-forme qui sert à charger le minerai et le charbon au gueulard *u o*; *e f*, escalier pour monter sur la plate-forme; *g h i k*, massif du fourneau; *m*, tuyère; *p q*, sol de l'usine; *t*, assiette pour recueillir une partie du zinc qui se volatilise et qui vient s'y condenser. La sole est composée, en allant de bas en haut, de deux rangs de briques, dans lesquels sont ménagés des canaux d'assèchement, d'une couche de scories concassées, d'une couche d'argile damée, et enfin de brasque (mélange d'une partie d'argile et de deux parties de poussier de charbon), que l'on bat de manière à lui donner la forme indiquée fig. 2092; *y*, est le bassin de réception pour le plomb. Généralement les scories s'écoulent naturellement par dessus l'un des côtés de l'avant-creuset. En Allemagne, chacun de ces fourneaux est encore presque toujours alimenté par deux soufflets pyramidaux V, G, disposés comme l'indiquent les fig. 2089 et 2090.

On obtient tantôt seulement du plomb et des scories pauvres rejetées, tantôt du plomb, des scories à rejeter, et des mattes que l'on grille et que l'on repasse avec le minerai grillé. Ce dernier cas se présente surtout lorsque le grillage a eu lieu en tas, parce qu'alors il se forme une forte quantité de sulfate qui, par l'action du charbon pendant la fonte, donne du plomb et du sous-sulfure de plomb ou matte à retraiter.

Méthode écossaise. En Angleterre, on emploie fréquemment, dans le Cumberland, etc., pour le traitement des minerais presque purs tenant 0,75 à 0,80 de plomb, une méthode qui a reçu le nom de méthode écossaise, et qui a l'avantage de donner du plomb très pur avec une dépense en main-d'œuvre et en matériel très faible, mais qui donne lieu, il est vrai, à une perte en plomb beaucoup plus considérable que les méthodes de la première classe. Le minerai est d'abord grillé dans un four à réverbère ordinaire. L'opération est conduite très rapidement; on passe, par 24 heures, neuf charges chacune de 500 kil. de minerai; en tout, 4.500 kil.; on fait tomber le schlich grillé dans de l'eau, où il se réduit en grenailles. On traite ensuite le schlich dans un petit fourneau à manche, dit fourneau écossais, et qui est représenté en coupe (fig. 2095). Il a intérieurement une hauteur de $0^m,55$ à $0^m,60$; sa section rectangulaire est de dimensions très variables, suivant la hauteur à laquelle on la prend, ainsi que l'indique la figure. La sole A B est en fonte, et porte postérieurement et sur les côtés un rebord en fonte A C, de $0^m,12$ de hauteur; le rebord postérieur de la sole est surmonté par une pièce de fonte C D, de $0^m,72$ de long et de $0^m,17$ de haut, sur laquelle est placée la tuyère; elle supporte une autre pièce en fonte E, évidée à sa partie inférieure pour le passage de la tuyère, et qui s'avance de $0^m,05$ dans l'intérieur du fourneau, dont la paroi postérieure est enfin couronnée par une dernière pièce de fonte H. En avant de la sole se trouve une plaque de fonte M N, appelée plaque de travail, entourée de tous les côtés, excepté sur celui qui regarde le fourneau d'un rebord de $0^m,03$ de hauteur; elle est inclinée de l'arrière à



2095.

l'avant, et son rebord postérieur, placé à $0^m,12$ au-dessus de la surface de la sole, en est séparé par

Digitized by Google

un espace vide *g*, qu'on remplit avec un mélange de cendres d'os et de galène en poudre fine humectés et broyés ensemble. Ce mélange forme une masse impénétrable au plomb fondu, qui, après avoir rempli le bassin ainsi formé au fond du fourneau, se rend naturellement, par une rigole pratiquée dans la plaque de travail, dans le bassin de réception P. Sur les deux rebords latéraux de la sole sont placées deux pièces de fonte carrées MC, de $0^m,13$ de côté et de $0^m,67$ de long, qui portent une maçonnerie en briques réfractaires supportant à la partie antérieure une pièce de fonte parallèle à H, et recouvertes, dans l'autre sens, par des cubes en fonte qui terminent le couronnement du fourneau. On a presque toujours des chambres de condensation pour recueillir les fumées.

Lorsqu'on veut commencer une fonte, on allume le fourneau avec des briquettes de tourbe ; on charge d'abord des crasses riches, et au besoin de la chaux ou du calcaire, soit pour rendre les matières terreuses plus fusibles si elles sont trop réfractaires, soit pour les *sécher* si elles sont trop fusibles. Lorsqu'elles sont arrivées au fond du fourneau, on les retire par la poitrine ; on les place sur la table de travail, une partie du plomb s'écoule à l'état métallique; puis on trie, d'une part, les crasses riches et, de l'autre, les crasses pauvres, qui ont plus d'éclat que les précédentes et ont été agglutinées ou séchées par l'addition de la chaux, et on les met de côté. On place devant la tuyère une brique de tourbe pour diviser le vent ; on rejette dans le fourneau un peu de houille, quelques pelletées de minerai, les crasses restées sur la plaque de travail, et de la chaux, s'il est nécessaire. Au bout de 10 ou 15 minutes, les matières sont de nouveau tirées sur la plaque de travail et traitées comme ci-dessus. Le même travail se continue pendant 12 à 15 heures de suite, après quoi on laisse refroidir le fourneau pendant 5 à 8 heures. Il y a deux ouvriers par fourneau. Un fourneau écossais, marchant 15 heures sur 24, produit dans ce temps 1.500 à 2.000 kilogrammes de plomb. Ce dernier se sépare des crasses par liquation.

Autrefois, et maintenant encore quand le minerai renferme une forte proportion de carbonate de plomb, on passait le minerai au fourneau écossais sans grillage préalable. Dans ce cas, on ajoute une plus forte proportion de chaux, et on emploie plus de tourbe et moins de houille, afin d'avoir, dans l'intérieur du fourneau, une zone oxydante plus étendue.

Les crasses pauvres que l'on obtient au fourneau écossais, et qui sont mises de côté comme nous l'avons dit, sont refondues au fourneau à manche (fig. 2087 et 2088).

3e CLASSE. La troisième classe de méthodes consiste à réduire la galène par le fer, soit dans des fourneaux à manche, soit dans des fourneaux à réverbère. On remplace souvent une partie du fer par des battitures ou des scories de forge, dont une partie du fer se réduit pendant la fonte et remplace économiquement le fer métallique, lorsqu'on se trouve dans le voisinage d'usines à fer; on remplace aussi quelquefois le fer par des grenailles de fonte obtenues par le bocardage des laitiers de hauts-fourneaux. Théoriquement, il suffirait de 22,6 pour 100 de fer pour décomposer la galène ; mais dans la pratique, il convient d'en ajouter 30 à 35 pour 100.

A *Tarnowitz*, dans la Haute-Silésie, le minerai riche, tenant 0,80 de plomb, est traité dans des fourneaux à manche de $1^m,25$ de hauteur, avec 0,12 de vieilles ferrailles ou de grenailles de fond, autant de scories d'affinage de la fonte de fer par la méthode allemande, et 0,36 de scories de la fonte même. On dépense environ 0,14 de coke, et on produit 0,66 de plomb et 0,24 de matte, plus des scories qui sont rejetées : chaque campagne dure six jours, et donne environ 30.000 kilogrammes de plomb. Les schlichs pauvres, tenant 0,50 de plomb environ, sont fondus dans un demi-haut-fourneau, avec 0,32 de mattes de la fonte du minerai riche, 0,12 de matières plombeuses (débris de fourneaux, écumages), 0,10 de scories de fer métallique, 0,24 de scories d'affinage et 1,20 de la fonte même. On consomme 0,43 de coke, et on produit 0,40 de plomb. Chaque campagne dure une semaine, et on obtient par jour 1.000 à 1.100 kilogrammes de plomb. Enfin, on refond à part les résidus, crasses, mattes, écumages, etc., de cette dernière opération.

A *Vienne*, sur les bords du Rhône (cette usine a cessé d'exister depuis quelques années, par suite de l'épuisement des mines qui l'alimentaient), et à *Poullaouen* (Finistère), on opère la fusion dans des fours à réverbère chauffés, soit au bois, soit à la houille (cette méthode est connue sous le nom de *méthode viennoise*). La chauffe a $0^m,80$ sur $0^m,42$; la sole est formée de pierres de grès; elle a $2^m,68$ de long sur $1^m,35$ de largeur maximum; sa forme est ovoïde; elle est très inclinée (de $0^m,43$) vers le bassin de réception, qui est extérieur. Le travail est très simple : on charge 370 kilogrammes du lit de fusion; on ferme les portes; au bout de 2 heures, on repousse les scories sur le haut de la sole, et on ramène la ferraille dans le bain; après 4 heures, on enlève la plus grande partie des scories, on coule et on obtient 135 kilogrammes de plomb. Les scories et mattes ferreuses que l'on obtient en sont rejetées. Le lit de fusion se compose de 1,00 de minerai cru, de 0,40 de terres rouges argentifères, qui servent, en outre, de fondants, de 0,10 de fonds de coupelles et de 0,35 de ferrailles.

Cette méthode s'applique également bien à des minerais très riches, comme l'ont prouvé des essais faits à Poullaouen sur des minerais venus de la Sierra de Gador.

Sous le rapport du rendement en plomb et de l'économie du combustible, les méthodes de la troisième classe donnent des résultats bien supérieurs aux autres méthodes, pour le traitement des minerais ayant une faible teneur (0,40 à 0,60), et que la nature de la gangue n'a pas permis de concentrer davantage. Lorsque le plomb est très argentifère, on ne peut rejeter les mattes qui contiennent une notable proportion d'argent; il faut les repasser dans le lit de fusion; mais, comme elles ne se séparent pas toujours bien facilement des scories, elles restent en partie disséminées dans la scorie, ce qui explique que souvent, pour des minerais très riches en argent, et que, par cette raison, on concentre peu à la préparation mécanique, comme en Auvergne, on préfère griller le minerai aussi complétement que possible et le fondre sans addition de matières ferreuses, afin de ne pas produire de mattes, bien qu'en agissant ainsi on augmente beaucoup la dépense en combustible, et que la perte en plomb soit plus considérable.

Dans quelques usines où ce dernier cas se présente, à *Przibram*, en Bohême, par exemple, où le minerai fondu rend moyennement 0,39 de plomb et 0,00240 d'argent, on a adopté une méthode mixte, qui consiste à griller le minerai comme dans les méthodes de la deuxième classe, et à le fondre ensuite avec une certaine quantité de matières ferreuses comme dans les méthodes de la troisième classe. On obtient ainsi un peu plus de plomb que par les méthodes de la deuxième classe, mais il n'y a pas économie de combustible; on produit très peu de matte, laquelle reste disséminée dans les scories.

Rectification des litharges. Le plomb que l'on obtient en Carinthie, dans la Sierra de Gador et dans le Derbyshire, est généralement trop pauvre en argent pour être soumis à la coupellation, et est immédiatement livré au commerce. Récemment, en Angleterre, M. Pattinson a trouvé un moyen fort ingénieux de concentrer

Digitized by Google

à peu de frais la majeure partie de l'argent contenu dans un plomb pauvre dans une faible partie de ce plomb, et d'obtenir ainsi un produit assez riche pour pouvoir être soumis avec bénéfice à la coupellation. (voir ARGENT, — *affinage par cristallisation*, p. 211). Généralement le plomb est assez argentifère pour pouvoir être directement coupellé ; la coupellation (voir ARGENT, p. 206) produit des crasses (abzugs et abstrichs), des litharges noires, des litharges marchandes, jaunes ou rouges, des litharges riches, et enfin de l'argent de coupelle. Les abzugs, abstrichs, litharges riches et fonds de coupelles, sont ordinairement repassés dans les lits de fusion comme matières plombeuses, ou fondus séparément. Les litharges noires sont quelquefois repassées dans le lit de fusion, mais le plus souvent on les réduit et on en retire un plomb antimonial aigre, qui est vendu à bas prix pour la fabrication du plomb de chasse, etc. Les litharges rouges sont presque toujours livrées au commerce après pulvérisation préalable au bocard ou entre des cylindres. Les litharges jaunes sont tantôt versées directement dans le commerce, tantôt revivifiées, suivant la valeur relative du plomb et de la litharge et les débouchés ; elles donnent du plomb très pur, très doux et d'excellente qualité.

La revivification des litharges s'opère soit dans des fourneaux à manche, et rentre alors dans les méthodes de la deuxième classe, soit dans des fours à réverbère. Lorsqu'on emploie des fourneaux à manche, la fonte est conduite très rapidement, et la perte en plomb est de 4 p. 100 ; on obtient une petite quantité de scories riches que l'on repasse, partie dans l'opération même, partie dans les fontes pour plomb d'œuvre. On peut aussi employer le fourneau écossais, qui est plus économique sous le rapport de la consommation en combustible et de la main d'œuvre, et qui ne donne qu'une perte en plomb de 2 p. 100 ; les crasses du fourneau écossais sont repassées au fourneau à manche. La perte est également insignifiante au four à réverbère. On charge d'abord une couche de houille de 5 à 6 centimètres d'épaisseur sur la sole, qui est inclinée vers un canal servant à l'écoulement du plomb réduit ; l'intérieur du fourneau étant arrivé au rouge sombre, on charge la litharge sur toute l'étendue de la sole, en fragments assez gros mélangés de deux ou trois fois son volume de menue houille ; on conduit le feu de manière à maintenir le fourneau au rouge sombre, de sorte que la litharge ne fonde pas et que le plomb réduit se sépare par liquation. Les crasses et fumées du four à réverbère sont repassées au fourneau à manche.

A Fribourg, en Saxe, on avait imaginé, il y a quelques années, de réduire les litharges en les faisant tomber, à la sortie du fourneau de coupelle, dans une espèce de panier ou fourneau mobile plein de charbons embrasés. Ce procédé, très prôné lors de sa découverte, a été abandonné depuis.

Statistique.

La production annuelle du plomb en Europe est d'environ 852.000 q. m., savoir :

Angleterre.	392.000q.m.
Espagne.	312,000
Hartz (haut et bas).	53.000
Empire d'Autriche (Carinthie, Bohême, Hongrie).	51.000
Prusse (bords du Rhin et Silésie).	16.000
France.	8.000
Russie.	7.000
Pays de Nassau.	6.000
Saxe.	4,500
Savoie, Piémont.	2,500
Suède.	800
	852.800q.m.

qui, au prix moyen de 50 fr. le quintal métrique, représentent une valeur de 42.640.000 fr.

L'Amérique produit aussi une quantité de plomb considérable. P. DEBETTE.

PLOMB GRANULÉ ou PLOMB DE CHASSE (*angl.* lead-shot, *all.* schrot). Le plomb acquiert la propriété de se granuler par l'addition d'une certaine quantité d'arsenic, d'autant plus grande qu'il est plus aigre, c'est-à-dire plus antimonial ; cependant on le fabrique presque toujours avec les plombs aigres venant de la réduction des litharges noires, à cause du bas prix auquel on les trouve dans le commerce. On ajoute à peu près 0,003 d'arsenic aux plombs doux, et jusqu'à 0,008 d'arsenic aux plombs aigres. Le mélange d'arsenic se fait de deux manières, soit en préparant d'abord un plomb très chargé d'arsenic que l'on ajoute ensuite en certaine proportion au plomb à granuler, soit en introduisant directement dans les bains de plomb, ordinairement à l'état de sulfure ou *orpiment*, la quantité d'arsenic nécessaire. Lorsque la quantité d'arsenic ajoutée est trop forte, les grains sont lenticulaires ; lorsque, au contraire, elle est trop faible, les grains forment la *coupe*, c'est-à-dire qu'ils sont aplatis d'un côté et présentent un creux dans le milieu ; enfin, lorsque la proportion d'arsenic est beaucoup trop faible, les grains forment la *queue*, ils s'allongent davantage et ont encore un creux vers le milieu. On fond à la fois, dans une chaudière en fonte, 2.000 à 2.500k de plomb sous une couche de cendres et de poussier de charbon ; quand le plomb est fondu, on enlève à l'aide d'un écumoir les crasses et les cendres qui sont à la surface du bain, et on y introduit par petites portions le sulfure d'arsenic ou l'alliage de plomb et d'arsenic, en brassant la matière à chaque addition, et on enlève au fur et à mesure les crasses qui se forment. On essaie de temps en temps le bain pour reconnaître s'il renferme assez d'arsenic pour donner des grains bien sphériques. Lorsqu'on est arrivé à ce point, on verse le plomb sur les *passoires*, demi-sphères en tôle percées de trous parfaitement ronds, dont les dimensions varient suivant les numéros du plomb que l'on veut obtenir ; ces passoires sont placées sur des espèces de réchauds et entourées de charbon allumé pour empêcher le plomb de s'y figer ; elles sont placées au-dessus de tours ou puits profonds, au bas desquels se trouvent des cuves à demi-pleines d'eau destinées à recevoir le plomb granulé à mesure qu'il se forme. On garnit intérieurement les passoires avec les dernières crasses retirées du bain, et qui sont blanches et poreuses ; le plomb que l'on verse dessus doit avoir une chaleur telle qu'il filtre au travers, de manière à se diviser en gouttes et à se grenailler en passant par les trous des passoires. Les grains que l'on obtient dans une même passoire ne sont pas toujours égaux ; on les classe au moyen de cribles de différentes grosseurs ; on en sépare ensuite les grains qui ne sont pas bien ronds, en faisant couler le plomb sur des tables en bois inclinées ; les grains informes s'arrêtent en route et sont mis à part pour être refondus, tandis que ceux qui sont bien ronds, animés d'une plus grande vitesse, continuent leur marche. On lisse enfin ces grains en les faisant tourner avec un peu de graphite en poudre dans des tonneaux traversés par un axe horizontal en fer.

PLOMB LAMINÉ. Lorsqu'on veut obtenir du plomb en feuilles, on le coule ordinairement en plaques, sur table, et on le lamine à froid. Quelquefois on le coule sur des tables en pierre légèrement inclinées ; dans ce cas, il faut que la feuille n'ait pas plus de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, sans quoi la table se fendrait par suite de l'excès de chaleur qui résulterait d'une trop forte masse de plomb. On peut se procurer par le coulage des feuilles de plomb très minces, en coulant le plomb sur une toile de coutil graissée avec du suif, bien tendue et inclinée d'environ un sixième. Dans tous

Digitized by Google

les cas, on coule le plomb à une température très basse, et telle qu'un morceau de papier plongé dans le bain s'y charbonne rapidement sans s'enflammer.

PLOMBAGINE; GRAPHITE (*angl.* plumbago, *all.* graphit). C'est du carbone à peu près pur, d'un éclat métallique, gris de plomb, ou plutôt gris de fer, gras au toucher, tachant les doigts, et dont la densité = 2,08 à 2,45. Il est peu dur et se laisse tailler au couteau; il est combustible et s'incinère complétement, quoique difficilement, en laissant presque toujours un faible résidu de matières étrangères. Il se trouve ordinairement dans les terrains de transition les plus anciens. Le plus pur vient de *Borrowdale*, dans le Cumberland, on en trouve aussi en Allemagne, mais beaucoup moins pur, à Passau, Krumau, etc.

Le graphite pur est débité sous forme de petites baguettes qui servent à faire les crayons dits de *mine de plomb*. Le graphite impur sert, mélangé en certaines proportions avec de l'argile réfractaire, à fabriquer des creusets très réfractaires, connus sous le nom de *creusets de Passau*, des fourneaux, etc.; il entre aussi dans la composition de divers mélanges employés pour le graissage des essieux de voitures, des axes de machines, etc...

PLUMES (*angl.* pens, *all.* feder). Les plumes sont employées, soit comme ornements, soit pour la literie, soit enfin pour l'écriture et le dessin.

Plumes pour ornements. Les plumes pour ornements, les plus employées en Europe, sont les plumes d'autruche. On les dégraisse, en les plongeant 5 à 6 minutes dans une eau de savon tiède, puis les lavant à l'eau pure; on les blanchit ensuite, en les passant pendant 1/4 d'heure dans de l'eau bouillante tenant en suspension du blanc de Meudon; on les azure légèrement avec de l'indigo, on les passe au soufre, on les pare, on les frise, et on les teint, s'il y a lieu, par les procédés de teinture ordinaires.

Plumes pour literie. On emploie pour cet usage le duvet de l'oie, que l'on fait sécher à l'air, au soleil ou dans un four, et que l'on bat ensuite avec soin à plusieurs reprises. Le duvet de l'*eider*, oiseau que l'on ne rencontre que dans les contrées septentrionales, est remarquable par sa légèreté, et est très recherché pour la confection des couvre-pieds qui portent le nom d'*édredons*.

Après un long usage, ou par tout autre motif, il devient nécessaire de purifier les plumes qui ont servi à la literie; on ne peut y parvenir par le lavage, comme pour la laine ou le coton. Ordinairement on les réunit dans un grand cylindre métallique, dont le double fond reçoit du feu: on les agite avec des baguettes, et on les bat pour les employer de nouveau: cette opération altère assez fortement les plumes. M. Taffin a imaginé un procédé de purification bien préférable, qui consiste à tenir les plumes en mouvement continu de rotation pendant un temps convenable, au moyen d'un volant armé de bras mû par une manivelle dans un cylindre à doubles parois, entre lesquelles on introduit de la vapeur; on expose ensuite pendant quelques instants les plumes à l'action de la vapeur d'eau, et on les sèche par une simple exposition à l'air.

Plumes à écrire. Pour rendre les plumes propres à écrire, on les passe, pendant quelques instants, dans un bain de cendres ou de sable fin chauffé à 60° environ, puis on les frotte fortement avec un morceau d'étoffe de laine; la chaleur détruit la substance grasse qui enduit les surfaces de la plume, et leur permet de se mouiller d'encre, ce qui n'avait pas lieu auparavant. Les plumes prennent en vieillissant une couleur jaune; on leur donne artificiellement cette teinte, en les plongeant dans de l'acide hydro-chlorique faible. On se sert généralement de plumes d'oie pour l'écriture, et de plumes de corbeau pour le dessin.

PLUMES MÉTALLIQUES. Depuis quelques années, on se sert beaucoup, à la place de plumes d'oie qu'il faut sans cesse tailler, de plumes métalliques en acier, taillées au moyen d'emporte-pièces, d'étampes, etc., dans des feuilles de tôle d'acier laminées. Actuellement on emploie très souvent de la tôle de fer, ce qui est plus économique, et on aciére les plumes fabriquées, en les faisant recuire dans des pots avec du charbon. Cette fabrication, du reste, n'offre rien de particulier.

PNEUMATIQUE (*machine*). Les machines pneumatiques ou machines aspirantes sont employées sur les chemins de fer atmosphériques, ou pour l'aérage des mines; dans ce dernier cas, on se sert souvent de ventilateurs aspirants. (Voyez MACHINES SOUFFLANTES). Les machines aspirantes à piston ont beaucoup d'analogie avec les machines soufflantes; les soupapes d'aspiration s'ouvrent du dehors en dedans du corps de pompe, et les soupapes d'évacuation sont placées sur le piston même, et souvent de dedans en dehors; en inversant le sens des soupapes, on transformerait les machines aspirantes en machines soufflantes, et réciproquement. En général, dans les machines soufflantes, les pistons sont pleins et les soupapes placées sur les fonds des corps de pompe. Dans les machines aspirantes, le piston remplit l'office d'un des corps de pompe qui est alors supprimé. Ces machines sont, dans ce cas, à simple effet, et sont alors assemblées par couples, afin d'obtenir une aspiration continue.

POIDS. Voyez PESANTEUR.

POIDS ET MESURES. Parlons d'abord du système décimal ou *système métrique* rendu actuellement obligatoire en France.

Mesures itinéraires.

Myriamètre.	10.000 mètres.
Kilomètre.	1.000 mètres.
Décamètre.	10 mètres.
MÈTRE.	*Unité fondamentale du système français actuel des poids et mesures*; c'est la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre.

Mesure de longueur.

Mètre.	
Décimètre.	10^{e} de mètre.
Centimètre.	100^{e} de mètre.
Millimètre.	1.000^{e} de mètre.

Mesures agraires.

Hectare.	Carré de 100 mètres de côté = 10.000 mètres carrés.
Are.	Carré de 10 mètres de côté = 100 mètres carrés.
Centiare.	1 mètre carré.

Digitized by Google

Mesures de capacité.

Kilolitre	1 mètre cube ou 1.000 litres.
Hectolitre	100 litres.
Décalitre	10 litres.
Litre	1 décimètre cube.
Décilitre	10e de litre.
Centilitre	100e de litre.

Mesures de solidité.

Décastère	10 stères.
Stère	Mètre cube.
Décistère	10e de stère.

Poids.

Tonne ou millier	Poids d'un mètre cube d'eau distillée et à la température de 4° au-dessus de zéro = 1.000 kilogrammes.
Quintal	100 kilogrammes.
Myriagramme	10 kilogrammes.
Kilogramme	Poids d'un décimètre cube d'eau distillée, à 4° au-dessus de zéro, = 1.000 grammes.
Hectogramme	100 grammes.
Décagramme	10 grammes.
Gramme	Poids d'un centimètre cube d'eau distillée, à 4° au-dessus de zéro.
Décigramme	10e de gramme.
Centigramme	100e de gramme.
Milligramme	1.000e de gramme.

Anciens poids et mesures de France.

On se servait autrefois en France des *mesures de longueur* suivantes :

	mètres.
La toise = 6 pieds	1,94904.
Le pied de roi = 12 pouces	0,32484.
Le pouce = 12 lignes	0,02707.
La ligne = 12 points	0,00226.
Le point	0,00019.
Et par suite,	mètres carrés.
La toise carrée = 36 pieds carrés	3,7987.
Le pied carré = 144 pouces carrés	0,1055.
Et	mètres cubes.
La toise cube = 216 pieds cubes	7,4039.
Le pied cube = 1728 pouces cubes	0,03428.

Anciennes mesures itinéraires.

Lieue commune, de 25 au degré	2280 toises = 4.444 mètres.
Lieue marine, de 20 au degré	2850 toises = 5.556 mètres.
Lieue de poste	2000 toises = 2.898 mètres.
Mille géographique ou mille marin	950 toises = 1.852 mètres.

Mesures de longueur spéciales.

Perche des eaux et forêts	22 pieds = 7m,1165.
Perche de Paris	18 pieds = 5m,8471.
Aune de Paris	3 pieds 7 pouces 10 lignes = 1m,188.
Brasse de la marine	5 pieds = 1m,6242.
Encâblure	100 toises = 194m,904.

Mesures de superficie.

	mètres carrés.
Perche (des eaux et forêts) carrée = 484 pieds carrés	51,07.
Perche (de Paris) carrée = 324 pieds carrés	34,19.
Arpent (des eaux et forêts) = 100 perches carrées	5.107.
Arpent (de Paris) = 100 perches carrées	3.419.

Mesures de solidité et de capacité.

	mètres cubes.
Solives de charpente = 3 pieds cubes	0,10283.
Corde des eaux et forêts = 2 voies de Paris	3stère,839.
La voie de Paris	1stère,920.
Muid de blé = 12 setiers	1.872 litres.
Setier = 12 boisseaux	156 litres.
Boisseau = 16 litrons	13 litres.
Litron	0litre,8125.
Muid de vin = 288 pintes	268litre,21.
Pinte	0litre,931.

Digitized by Google

Anciens poids.

	kilogrammes.
Tonneau = 2.000 livres.	979,01.
Quintal = 100 livres.	48,95.
Livre = 2 marcs.	0,4895.
Marc = 8 onces.	0,24475.
Once = 8 gros.	0,03060.
Gros = 3 deniers ou scrupules = 72 grains.	0,00383.
Grain.	0,000053.
Carat de joaillier = 4 grain.	0,000212.
Carat des essayeurs, 1/24 du tout ou 0,04167, se divise en 32 parties.	
Deniers des essayeurs, 1/12 du tout ou 0,08333, se divise en 24 grains.	

ÉTRANGER (PRINCIPAUX POIDS ET MESURES).

Mesures itinéraires.

		mètres.	
Angleterre.	Mille.	1.509	1.760 yards.
	Furlong.	201	320 yards.
Autriche.	Mille.	7.586	4.000 toises.
Espagne.	Lieue royale.	7.066	25.000 pieds.
	Lieue commune.	5.596	19.800 pieds.
Hollande.	Mille.	5.856	20.692 pieds.
Milanais.	Mille.	1.654	
Prusse.	Mille.	7.532	24.000 pieds.
Russie.	Werste.	1.067	500 sagènes.
Saxe.	Mille.	9.074	1.600 aunes (ellen).
Turquie.	Mille ou berri.	1.670	

mesures de longueur.

		mètres.	
Angleterre.	Pied.	0,3048	1/11 de perche, 1/16 de fathom, 1/3 de yard, 12 pouces, 120 lignes, 1.200 parties.
Autriche.	Pied.	0,3161	1/6 de toise (klaster). 12 pouces, 144 lignes. 1.728 points.
Bade. / Hesse-Darmstadt	Pied.	0,2500	10 pouces, 100 lignes, 100 points.
Bavière.	Pied.	0,2918	1/10 de perche, 1/16 de toise, 12 pouces, 144 lignes.
Berne.	Pied.	0,2932	1/10 de perche, 1/8 de toise, 12 pouces.
Danemarck.	Pied.	0,3126	1/10 de perche, 1/6 de corde, 1/12 d'aune, 12 pouces, 144 lignes.
Espagne.	Pied.	0,2826	1/2 de stade, 1/5 de pas, 1/3 de vare, 4/3 de gr. palme, 4 petites palmes, 12 pouces, 16 doigts, 192 lignes, 2.304 parties.
Hanovre.	Pied.	0,2920	1/16 de perche, 1/6 de toise, 1/2 aune, 12 pouces, 96 huitièmes, 144 lignes.
Hollande.	Pied.	0,2830	1/13 de perche, 1/6 de brasse, 3 palmes, 11 pouces. 264 quartes.
Naples.	Palme.	0,2628	1/8 de canne, 2/15 de pas, 12 onces, 60 minutes.
Nuremberg.	Pied.	0,3038	1/16 de perche, 12 pouces, 144 lignes, 1.728 points.
Portugal.	Palme.	0,2126	1/10 de brasse, 1/5 de vare, 1/3 cavado, 8 pouces.
Prusse.	Pied du Rhin.	0,3138	1/12 de perche, 1/6 de brasse (lachter), 12 pouces, 144 lignes.
Rome.	Palme.	0,2234	1/10 de canne.
	Pied.	0,2946	
Russie.	Pied.	0,3048	1/7 de sagène, 7/3 d'archine, 12 pouces 120 lignes. — L'archine ou aune est partagée en 16 vershoks, le vershok en 1/2, 1/4 et 1/8.
Suède.	Pied.	0,2958	1/6 de perche, 1/6 de corde, 1/2 aune, 12 pouces, 144 lignes.
Toscane.	Pied.	0,5482	1/3 de pas, 1/4 de canne, 1/5 de cavezzo.
Turin.	Pied liprando.	0,5137	1/6 de trabucco, 1/2 pied ordinaire, 12 onces, 144 points, 1.728 atômes.
Turquie.	Grand pick.	0,6690	
	Petit pick.	0,6479	
Varsovie.	Pied.	0,2978	1/10 de perche, 1/6 de toise, 1/2 aune, 12 pouces, 144 lignes.
Zurich.	Pied	0,3014	1/10 de perche, 12 pouces, 144 lignes.
Wurtemberg.	Pied.	0,2865	1/10 de perche, 10 pouces, 100 lignes, 1.000 points.

Mesures de superficie anglaises.

	mètres carr.	
Yard carré.	0,8370	
Rod.	25,2920	Perche carrée.

Digitized by Google

	ares.	
Rood	10,1168	1.210 yards carrés.
Acre	40,4674	4.840 yards carrés.

Mesures de capacité.

		litres.	
ANGLETERRE	Gallon	4,5434	1/288 de chaldron, 1/64 de quarter, 1/24 de sack, 1/8 de buschel, 1/2 peck, 4 quart, 8 pint.
AUTRICHE	Tonne	120,0	3,80 pieds cubes.
PRUSSE	Tonne	223,0	7 1/9 pieds cubes.
RUSSIE	Vedro	12,3	8 schtoffs, 10 krushkas, 100 tcharkis.
	Tchetwert	209,6	8 tchetvérics, 64 garnetz.

Poids.

		kilogr.	
ANGLETERRE	Livre avoir-du-poids	0,3731	12 onces, 240 pennyweights, 5,760 grains.
	Livre troy	0,4534	1/225 de tonne, 1/112 de quintal, 16 onces, 256 drams
AUTRICHE	Livre	0,5600	1/100 de quintal, 16 onces, 32 loth, 128 drachmes, 512 pfennig.
BADE, HESSE-DARMSTADT	Livre	0,5000	Division décimale.
BAVIÈRE	Livre	0,5611	1/100 de quintal, 32 loth.
BELGIQUE		» »	Poids et mesures métriques.
BERNE	Livre	0,5201	1/100 de quintal, 16 onces, 32 loth.
DANEMARCK	Livre	0,4993	1/100 de quintal, 32 loth.
ESPAGNE	Livre de Castille	0,4603	1/50 de quintal macho, 1/100 de quintal, 1/25 d'arrobe, 2 marcs, 16 onces, 256 drachmes, 9.216 grains.
HANOVRE	Livre	0,4895	1/112 de quintal, 1/14 de liespfund, 2 marcs, 16 onces, 32 loth.
HOLLANDE	Livre troy	0,4920	
	Livre du commerce	0,4939	2 marcs, 16 onces, 32 loth, 128 drachmes, 320 engels, 10.280 as.
NAPLES	Rototo	0,8910	1/100 de cantaro, 3/31 de staro, 25/9 de liv., 331/3 onces.
	Livre	0,3208	12 onces, 360 trapezi.
PORTUGAL	Livre	0,4590	1/128 de quintal, 1/32 d'arrobe, 2 marcs, 16 onces, 128 outavas.
PRUSSE	Livre	0,4585	1/10 de quintal, 2 marcs, 32 loth.
ROME	Livre	0,4090	1/1000 de gr. cantaro, 1/10 de pet. cantaro, 12 onces, 288 deniers, 6.912 grains.
RUSSIE	Livre	0,4095	1/400 de berkovetz, 1/40 de poud, 96 zolotnics, 926 doleis ou parties.
SAXE	Livre	0,4670	1/110 de quintal, 32 loth, 128 drachmes, 512 pfennig.
SUÈDE	Livre	0,4254	
TOSCANE	Livre	0,3395	12 onces, 288 deniers, 6.912 grains.
TURIN	Livre	0,3690	1/25 de rubbio, 12 onces, 96 octaves, 288 deniers.
TURQUIE	Rottel	0,6378	
VARSOVIE	Livre	0,4050	1/160 de quintal, 32 loth.
WURTEMBERG	Livre	0,4676	32 loth, 128 drachmes.
ZOLLVEREIN (union des douanes allem.)		» »	Poids métrique.
ZURICH	Livre	0,5284	1/100 de quintal, 18 onces, 36 loth.
	Livre pour les soieries	0,4697	2 marcs, 16 onces, 32 loth.

MONNAIES.

Nous terminerons cet article en donnant la valeur des principales monnaies françaises et étrangeres, laquelle aurait dû se trouver à la fin de l'article MONNAIE.

Monnaies françaises.

Les monnaies françaises d'or et d'argent sont au titre de 0,900 ; la tolérance du titre est de 0,002 pour l'or, et de 0,003 pour l'argent ; la valeur de l'or est à celle de l'argent :: 15 1/2 : 1. Ces monnaies sont les suivantes :

		Poids légal.	Poids d'après la tolérance.	
			minimum.	maximum.
		grammes.	grammes.	grammes.
Or	Pièce de 40 fr.	12,903	12,877	12,929
	— 20 fr.	6,452	6,414	6,465
Argent	— 5 fr.	25,000	24,925	25,075
	— 2 fr.	10,000		
	— 1 fr.	5,000		
	— 0,50	2,500		
	— 0,25	1,250		
Cuivre	Décime. . 0,10			
	Sou. . . . 0,05			
	Centime. . 0,01			

La livre tournois = 20 sous = 240 deniers = 0^{k},9877.

Digitized by Google

Monnaies étrangères.

		francs.	
ANGLETERRE .	*Or.* Guinée (21 shillings).	26,44	Demi, tiers, quart de guinée.
	Argent. Couronne ou dollar.	6,39	5 shillings.
	On compte par liv. sterl.. .	25,15	20 shillings, 240 pences.
AUTRICHE. . .	*Or.* Ducat.	11,86	
	Argent. Florin de convention (C. M.)	2,55	Demi reichsthaler, 60 kreutzers.
	On compte, soit par florin et kreutzers de convention, soit, le plus souvent, par florin wiener wahrung (W. W.), qui est les 2/5 du florin de convention, et se subdivise de même.		
BADE			
BAVIÈRE . .	*Argent.* Florin	2,14	60 kreutzers.
WURTEMB. .			
BELGIQUE. . .	Monnaie française.	»	
DANEMARCK. .	*Or.* Ducat de convention. .	9,47	
	Argent. Rixdale.	5,66	6 marcs, 96 shillings.
ESPAGNE . . .	*Or.* Pistole	20,70	2 écus, pièces de 2 et 4 pistoles.
	Argent. Piastre	5,43	5 piécettes, 20 réaux de veillon.
	On y compte par réal de veillon.	0,27	34 maravédis.
ETATS-UNIS. .	*Or.* Double aigle	54,80	10 dollars, aigle, demi-aigle.
	Argent. Dollar	5,48	Demi, quart de dollar.
	On y compte par dollars de 100 cent., ou par liv. sterl., comme en Anglet.		
HAMBOURG . .	*Or.* Ducat.	11,76	
	Argent. Reichsthaler . . .	5,78	3 marcs, 48 sous banco, 60 sous courants, 48 shillings.
HOLLANDE . .	*Or.* Ducat.	11,93	Double ducat.
	Ryder.	31,65	
	Pièce de 20 florins. . .	43,14	Pièce de 10 florins.
	Argent. Florin	2,15	20 sous, 320 pfennig, 240 gros, 100 cents.
	Rixdale.	5,48	50 sous.
NAPLES. . . .	*Or.* Once de 3 ducats . . .	12,99	Pièces de 15 et 30 ducats.
	Argent. Piece de 12 carlins.	5,10	Pièces de 2 carlins, 1 carlin.
	Ducat.	4,25	10 carlins.
PIÉMONT .			
SAVOIE . . .	Écu neuf	5,00	5 livres, 100 sous.
SARDAIGNE .			
PORTUGAL. . .	*Or.* Portugaise	45,27	6.400 reis, 64 testons.
	Lisbonienne	33,96	4.800 reis.
	Argent. 400 reis	6,12	
	Cruzade	2,94	480 reis.
PRUSSE . . .	*Or,* Ducat.	11,80	
SAXE	*Argent.* Thaler	3,75	24 bons gros, 30 nouv. gros ou silbergros, 36 marien gros.
ROME.	*Or.* Pistole	17,27	
	Séquin	11,80	
	Argent. Ecu.	5,38	10 paolis, 100 baïoques.
RUSSIE. . . .	*Or.* Impériale.	41,29	10 roubles, pièce de 5 roubles.
	Ducat.	11,59	
	Argent. Rouble	4,00	100 copeks.
	On compte, soit par rouble argent (4 f), soit par rouble papier (2/7 du précédent).		
SUÈDE.	*Or.* Ducat.	11,70	
	Argent. Reichsthaler . . .	5,75	48 shillings à 12 pfennig.
SUISSE	*Or.* Pistole	23,16	2 ducats, 16 franken.
	Argent. Écu de 40 batz. .	5,90	
	Pièce de 4 franken.	6,00	4 franken à 20 sous.
TOSCANE . . .	*Or.* Ruspone	36,04	3 séquins.
	Rosine	24,14	
	Argent. Écu de 10 pauls .	5,60	
	Pièce d'une livre .	0,85	
	On compte par livres de 20 sous à 12 deniers.		
TURQUIE . . .	*Or.* Séquin	7,30	
	Argent. Piastre.	2,00	4 roubles, 40 paras, 120 aspres.
ZOLLVEREIN (associat. des douanes allem.)		»	Double thaler, 2 thalers de Prusse, 3 florins 1/2 du Rhin, 2 florins 11/12 d'Autriche (C. M.), 7 fr. 50 c.

Digitized by Google

POIDS SPÉCIFIQUE. Voyez DENSITÉ.

POIVRE (*angl.* pepper, *all.* pfeffer). Fruit d'un arbrisseau sarmenteux, qui a la forme d'une petite boulette rougeâtre devenant noire et ridée : ces fruits sont disposés par dix ou vingt en forme de grappes. L'arbrisseau qui les produit est originaire des Moluques, et est maintenant cultivé sur la côte de Malabar, à Java, à Sumatra, etc. La saveur du poivre est aromatique et piquante; on s'en sert comme assaisonnement.

Le *poivre long* ou *piment* est une toute autre plante, cultivée dans nos pays. Les graines sont réunies dans une baie souvent conique et rouge; sa saveur est plus âcre et plus brûlante que celle du poivre ordinaire. On l'emploie dans la préparation des cornichons.

POIX (*angl.* pitch, *all.* pech). Voyez BITUME, GOUDRON et TÉRÉBENTHINE.

POLISSAGE. Pour polir les surfaces des corps, on les frotte avec des corps au moins aussi durs qu'eux et à grains très fins. On se sert de BRUNISSOIRS en acier pour polir les planches de cuivre, de brunissoirs en agate ou en silex pour lisser les pièces d'argenterie, les bijoux, les étoffes, les papiers marbrés et glacés, etc. Les diamants, saphirs et autres pierres dures sont polis avec de l'*égrisée* ou poudre de diamant. Avant de polir un ouvrage, on doit en faire disparaître les principales inégalités avec des limes, des grattoirs, de la ponce, du tripoli, de la terre pourrie, du rouge d'Angleterre, de l'émeri, de la potée d'étain, du grès, etc. Souvent on polit deux surfaces planes à la fois, en les frottant l'une sur l'autre avec interposition de grès ou d'émeri de plus en plus fin (glaces); comme ces opérations se font en grand, on les exécute par des procédés mécaniques.

POLYGONUM TINCTORIUM. Voyez INDIGO.

POLYTYPIE. La polytypie est un procédé de reproduction en métal de la gravure sur bois, qui s'applique surtout aux dessins de faible dimension (pour les autres on emploie les procédés de STÉRÉOTYPIE au moyen du plâtre). Ces procédés ont beaucoup d'analogie avec ceux de la fonderie en caractères.

1° *Fabrication de la matrice.* — On fixe la gravure sur bois, dont on veut avoir une matrice, dans une espèce de timbre sec, à l'extrémité d'une vis à filet carré qui monte ou descend dans son écrou, et qu'on fait mouvoir au moyen d'un balancier horizontal, garni de deux poids aux extrémités. — Dans un petit auget placé au-dessous de la vis, on verse du plomb durci par un peu de métal à caractères, peu chaud, qu'on agite jusqu'à ce qu'il devienne pâteux. Dans cet état, au moment où il va se solidifier, le métal a perdu presque toute sa chaleur latente, c'est-à-dire celle qui se dégage quand un corps passe de l'état liquide à l'état solide. On fait alors descendre rapidement la vis, et le bois gravé frotté de sanguine vient choquer brusquement le métal. Celui-ci chasse violemment l'air des creux dans lesquels il pénètre et se solidifie instantanément. La chaleur dégagée n'est pas assez grande pour attaquer le bois, à moins que celui-ci n'ait gardé de l'humidité en un point; ce qui ne peut guères arriver, car le bois qu'on emploie est toujours très sec. Tandis que dans les procédés ordinaires de la fonte, c'est la liquidité du métal qui lui permet d'entrer dans les plus petits intervalles, ici c'est le choc qui le chasse, et qui permet de l'employer à un état intermédiaire entre l'état liquide et l'état solide, ce qui, comme nous l'avons dit, évite un trop grand dégagement de chaleur. On obtient ainsi une matrice en plomb, qui ne pourrait servir pour prendre l'empreinte avec le métal liquide, mais qui pourra servir à répéter l'opération précédente.

2° *Fabrication du relief.* — On porte cette matrice en plomb au clichoir, qui consiste essentiellement dans un mouton glissant entre deux rainures, et sous lequel on fixe avec des vis horizontales la matrice en plomb. Le mouton est suspendu par une corde qui permet de donner la force de percussion convenable, en variant la hauteur de la chute. Cette corde s'enroule sur un cylindre, qui devient libre quand on agit sur un petit embrayage, effet qui se produit quand on abaisse le verrou qui ferme le devant du clichoir. Cette partie antérieure consiste en une double porte de tôle pour arrêter la matière qui est projetée en tous sens. Pour obtenir le cliché, on verse sur du papier gris du métal convenable, on l'agite jusqu'à ce qu'il arrive à l'état pâteux; le plaçant alors à l'endroit où doit tomber la matrice on ferme le clichoir, et poussant le verrou, le mouton tombe. L'empreinte se trouve très bien prise, on la détache de la matrice avec un canif; elle n'est qu'un peu plus épaisse que la profondeur d'œil de celle-ci, puisque le métal a été projeté horizontalement sur les côtés.

Il serait inutile d'essayer de quelque moyen de fondre en même temps le support nécessaire à la gravure pour l'imprimer, parce qu'il faudrait alors opérer sur une masse de métal considérable, et qui ferait certainement fondre la matrice. Pour monter ces clichés sur un support, afin qu'on puisse les intercaler dans le texte au milieu des caractères ordinaires, on prépare des bandes de bois de hauteur convenable et d'une épaisseur égale à la force de corps du caractère diminuée de celle du cliché. On adapte le cliché sur le bois au moyen de petites pointes qu'on loge dans les creux, puis on scie le bois et on le dresse des deux côtés de manière à avoir une approche convenable. Au moyen du tour ou du rabot on met le tout bien exactement de hauteur et d'équerre sur toutes ses faces.

L'emploi du bois offre l'inconvénient que les lessivages qui ont lieu sur les formes tendent à déranger les hauteurs et l'aplomb par le gonflement qui en résulte. On peut employer avec avantage un procédé que nous avons expérimenté d'après l'exemple des fondeurs anglais et qui nous a fourni des résultats satisfaisants.

On fond un bloc creux ayant l'apparence d'une masse pleine, mais évidé intérieurement de manière à ce que son poids soit le moindre possible, tout en ayant une résistance suffisante au serrage de la forme. Sur ce bloc fondu de hauteur nous soudons le cliché à une température assez basse pour ne pouvoir l'attaquer, au moyen d'alliage fusible mélangé d'un peu de mercure pour que les surfaces soient bien attaquées. L'adhérence est parfaite et ne cède jamais au tirage quand on a bien opéré.

Le procédé de polytypie que nous venons de décrire est celui qui a toujours été employé jusqu'à ce jour. Mais un perfectionnement important tend à prendre place dans ce travail, et le jour est peu éloigné où il se substituera complétement à l'ancien procédé. C'est celui qui consiste à remplacer la matrice de plomb facilement altérable par une matrice en cuivre obtenue par la GALVANOPLASTIE. Celle-ci obtenue ainsi avec un grand degré de pureté, presque inaltérable dans la production du cliché, dont les plats sont brillants et les arêtes extrêmement vives, est un progrès réel qui n'est retardé que par le temps nécessaire à la transformation du matériel existant aujourd'hui dans les ateliers.

Nous avons donné, à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES, les procédés un peu différents de ceux que nous venons de décrire, qui sont employés pour la reproduction des planches servant à l'impression des étoffes. C. L.

POMMES DE PIN. Les fruits ou cônes des arbres de la famille des conifères, et particulièrement du pin et du sapin, sont très employés sous le nom de pommes de pin, lorsqu'ils sont secs, pour allumer le feu.

POMME DE TERRE. La pomme de terre est le tubercule charnu d'une plante de la famille des solanées. Sous le rapport alimentaire, son importance est presque égale à celle des céréales; elle est aussi très

Digitized by Google

employée pour la fabrication de la fécule dite *fécule de pommes de terre*, des eaux-de vie et du *sirop de fécule* ou glucose, dont on consomme des quantités énormes en France, et surtout à Paris, pour faire des bières de qualité inférieure, etc. Voyez AMIDON, BIÈRE, FÉCULE et SUCRE.

POMPE. Les pompes sont les machines les plus généralement employées pour élever les eaux. Ces machines sont de deux sortes : les pompes ordinaires à cylindre et à piston et les pompes rotatives ; les premières se divisent en pompes à piston creux et en pompes à piston plein. Avant d'entrer dans les détails des diverses espèces de pompes employées dans les arts et l'industrie, nous allons indiquer rapidement en quoi consistent ces pompes et leur manière d'agir.

Les pompes ordinaires ou *pompes élévatoires* se composent de trois parties : le *corps de pompe*, partie cylindrique dans laquelle se meut le piston ; le *tuyau d'aspiration*, placé au-dessous, et le *tuyau d'ascension*, placé au-dessus du corps de pompe. A la jonction du tuyau d'aspiration et du corps de pompe se trouve une soupape s'ouvrant de bas en haut ; le piston est creux et muni d'une soupape s'ouvrant également de bas en haut. Lorsque le piston, étant arrivé au bas de sa course, remonte, il se produit au-dessous de lui un vide, la soupape du piston se ferme par suite de la charge d'eau placée au-dessus, et de l'excès de la pression atmosphérique sur la pression intérieure mesurée par une colonne d'eau, dont la hauteur est mesurée par la distance entre le fond du corps de pompe et le niveau de l'eau à élever, distance qui doit, par cela même, être théoriquement inférieure à 10m,33, et qui, dans la pratique, est toujours beaucoup moindre ; la soupape d'aspiration se soulève, et l'eau s'élève par le tuyau d'aspiration dans le corps de pompe. Lorsque le piston redescend, la soupape d'aspiration se ferme ; l'eau soulève ensuite la soupape du piston et passe par-dessus ; elle est évacuée, lors de l'ascension du piston, par un déversoir ou ajutage placé à la partie supérieure des tuyaux d'ascension. La longueur que l'on peut donner aux tuyaux d'ascension n'a, pour ainsi dire, pas de limites. Ainsi les pompes établies à Huelgoet en Bretagne, par M. Juncker, élèvent l'eau d'un seul jet a une hauteur verticale de 230 mètres, et les pompes établies à Illsang, en Bavière, par M. de Reichenbach, l'élèvent d'un seul jet à 356 mètres.

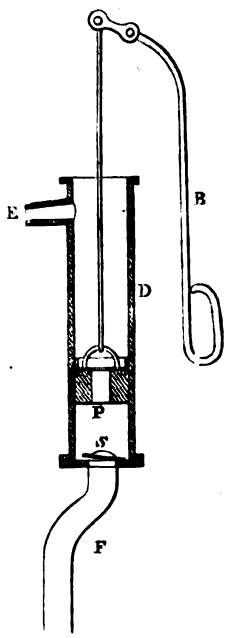
Quelquefois on emploie un piston plein, et l'eau s'échappe par un tuyau de dégorgement latéral aboutissant au corps de pompe à sa partie inférieure, et muni d'une soupape s'ouvrant également de bas en haut. Ces pompes ont reçu le nom de *pompes aspirantes et foulantes*. Lorsque l'on veut avoir un jet d'eau continu, on adapte quelquefois, sur le tuyau d'ascension et au-delà de la soupape de retenue, un réservoir d'air comprimé, dont le ressort rend le jet continu ; il vaut mieux, dans ce cas, employer deux pompes jumelles, mues par le même balancier, et foulant alternativement l'eau dans le même tuyau. On peut avec un seul corps de pompe à piston plein, disposé comme les machines soufflantes à piston à double effet, faire aspirer et fouler le piston en allant et en venant, et obtenir ainsi un jet continu : nous en avons vu un exemple à l'article ÉCLAIRAGE, en parlant des *lampes Carcel*.

On place quelquefois les colonnes d'ascension et d'aspiration l'une au-dessus de l'autre, et le piston, toujours plein dans ce cas, se meut dans un corps de pompe placé latéralement, et communiquant avec l'espace réservé entre les deux soupapes d'aspiration et de retenue. Tantôt le piston remplit entièrement la section du corps de pompe qui doit alors être alésé, tantôt le piston est cylindrique sur toute sa longueur, d'un diamètre de quelques centimètres inférieur à celui du corps de pompe, et passe dans une boîte à étoupes qui ferme ce dernier ; c'est alors un piston plongeur, et les pompes de cette espèce sont dites *pompes à piston plongeur*.

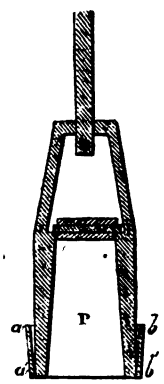
Les pompes rotatives sont basées sur les mêmes principes que les pompes ordinaires, sauf quelques différences résultant de la nature même du mouvement qui leur est imprimé, et que nous ferons ressortir plus bas en les décrivant avec quelques détails.

Passons maintenant à la description des principales espèces de pompes employées dans les arts et l'industrie.

Pompes domestiques. Les pompes domestiques sont généralement des pompes élévatoires très simples. La figure 2096 représente celle de ces pompes qui est la plus employée ; F est le tuyau d'aspiration ; D, le corps de pompe ; E, l'ajutage qui sert de dégorgeoir ; P, le piston dont la tige est mue par la bringuebale ou levier coudé B. Le tuyau d'aspiration se fait en bois lorsqu'il est droit, et le plus souvent en cuivre étamé ou en plomb ; le corps de pompe se fait également en bois, en cuivre ou en plomb. Le piston P (fig. 2097) est toujours en bois avec garniture en cuir *ab* en forme d'entonnoir qui,



2096.



2097.

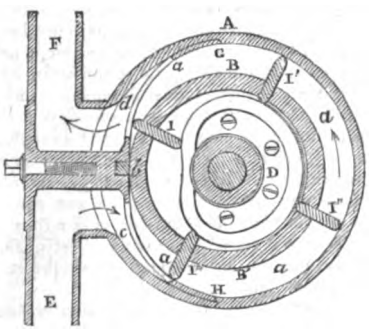
se trouvant chargé de toute la colonne d'eau, s'applique exactement contre les parois du corps de pompe ; avec ce piston, il n'est pas nécessaire d'aléser le corps de pompe. Les soupapes sont des clapets en cuir, cloués par un de leurs bords sur un des côtés de l'ouverture qu'ils doivent fermer au besoin, et auxquels on donne la roideur nécessaire en clouant en dessus, et quelquefois en dessous, des rondelles métalliques.

Les pompes aspirantes et foulantes sont quelquefois employées dans les jardins pour les arrosages ; on les accouple alors le plus souvent, et on les dispose sur un petit chariot, de manière à les rendre portatives ; elles sont alors analogues aux pompes à incendie dont nous parlerons plus loin.

Les pompes rotatives ne sont employées que dans l'économie domestique, et encore leur complication et le peu d'effet utile qu'elles rendent ont empêché leur usage de se répandre, de sorte que, en définitive, elles sont très peu employées. Comme elles se ressemblent à peu de chose près, nous nous contenterons de décrire ici celle qui est le plus employée, et qui est connue sous le nom de *pompe rotative de Dietz*. Le corps de

Digitized by Google

pompe y est remplacé par un tambour ou boîte cylindrique en cuivre ou en fonte A (fig. 2098), qui contient entre les deux fonds une seconde boîte B, d'un moindre diamètre et sans couvercle, mobile autour d'un arbre tournant C muni d'une manivelle; à l'intérieur de la boîte B se trouve un excentrique D, fixé d'une manière invariable, au moyen de vis, sur les fonds du tambour A. Ce dernier renferme encore, du côté des tuyaux E et F, une large lame de fer G b H, qui est pressée en *b* contre la convexité de la boîte B, et qui est percée de deux ouvertures : par l'une *c*, l'eau passe du tuyau d'aspiration E, dans l'intervalle *aa*, qui existe entre les deux boîtes; et par l'autre *d*, elle entre dans le tuyau d'ascension F. Enfin, la boîte B présente, dans toute son épaisseur, quatre entailles en croix, dans lesquelles sont



2098.

et glissent quatre languettes en fer I, I', I'', I''', dont la largeur, comme celle de la bande G b H, est égale à la distance qui sépare les deux fonds du tambour; une de leurs extrémités est constamment appuyée contre le bord intérieur de l'excentrique D, et l'autre l'est contre la paroi concave de l'intervalle *aa*, de sorte que, pareilles à des cloisons, elles divisent cet intervalle en cases séparées. Lorsqu'on met en mouvement la boîte B, de *b* vers B', la languette I, après avoir passé le point *b*, laisse derrière elle un vide; et, dès qu'elle est au-delà de l'ouverture *c*, l'eau entre pour le remplir; la languette *r*, qui vient ensuite, pousse devant elle cette eau, lui fait parcourir l'intervalle *aa*, la force à passer par l'orifice *d* et à monter dans le tuyau F; le jet est continu. Ces pompes doivent être construites avec une grande perfection.

Pompe des prêtres. Parmi les autres pompes nous mentionnerons celle dite *des prêtres*, et qui est employée dans les lampes mécaniques. Le corps de pompe est formé de deux cylindres assemblés à rainure et à languette. On pince dans la jointure les bords d'un manchon ou plutôt d'un sac de cuir mince et très flexible, dont le fond est saisi entre deux plaques parallèles qui sont liées par un étrier à la tige oscillante, et qui portent les soupapes de retenue. Lorsque le piston se meut, le manchon de cuir qui se relie aux parois du corps de pompe présente tantôt sa concavité, tantôt sa convexité, au tuyau d'aspiration, suivant le sens du mouvement, et produit soit l'aspiration du liquide sous le piston, soit son passage au-dessus des soupapes de retenue.

Pompes alimentaires. Les pompes alimentaires employées sur les locomotives sont des pompes à corps de pompe horizontal et à piston plein, passant ordinairement dans une boîte à étoupes et rentrant dans la classe des *pistons plongeurs* (voir plus loin fig. 2101). Les tuyaux d'aspiration et de sortie de l'eau sont placés verticalement, à angle droit, sur l'extrémité du corps de pompe, et portent deux soupapes à boulets s'ouvrant de bas en haut. Ces soupapes, que nous avons déjà vu employer avec succès dans le *bélier hydraulique*, se composent de boulets creux en bronze reposant sur un siége parfaitement rodé; des tiges verticales, placées à l'entour de chaque soupape, forment un cylindre à claire-voie terminé par une calotte hemisphérique également à jour, qui sert à guider les boulets dans leur mouvement et à limiter leur levée.

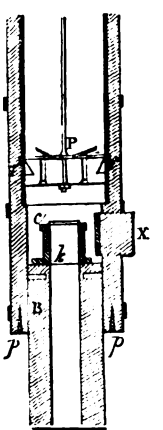
Les pompes alimentaires des machines à vapeur fixes sont ordinairement à piston plein, se mouvant dans un corps de pompe alésé : les soupapes sont des clapets, ou des troncs de cône en métal reposant sur un siége rodé et portant une tige centrale qui passe dans une bague qui sert à les diriger et à limiter leur levée : ces dernières soupapes sont dites soupapes à coquille.

Les soupapes à boulets et les soupapes à coquille, ainsi du reste que toutes les soupapes exclusivement métalliques, doivent être ajustées avec beaucoup de soin, et ne peuvent servir que dans des eaux claires et limpides.

Pompes d'épuisement. C'est l'épuisement des eaux des mines qui exige les pompes les plus puissantes; nous rangerons dans la même classe les pompes destinées à élever l'eau pour les besoins des villes.

Pour des épuisements temporaires, à de petites profondeurs, on se sert assez fréquemment de pompes aspirantes en bois d'une construction extrêmement simple, qui sont confectionnées sur la mine même et entretenues par les ouvriers boiseurs. Ces pompes se composent d'un tronc d'arbre foré, dont le diamètre intérieur est plus grand à la partie supérieure qui lui sert de corps de pompe, qu'à la partie inférieure qui sert de tuyau aspirateur et qui est surmontée d'une soupape à clapet en cuir s'ouvrant de bas en haut; le piston est en bois, garni de chanvre à l'extérieur, creux à l'intérieur, et muni de soupapes à clapets s'ouvrant de bas en haut. On trouve encore dans beaucoup d'anciennes mines de pareilles pompes, disposées en cascade les unes au-dessus des autres; chacune d'elles déversant l'eau qu'elle élève dans une bâche ou réservoir, où elle est reprise par la pompe placée immédiatement au-dessus.

On emploie souvent dans les puits en creusement une pompe en bois, dont la fig. 2099, qui représente une pompe construite à Huelgoet par M. Pernollet, donnera une idée : le corps de pompe est formé de deux demi-cylindres de bois réunis par des frettes en fer, et est doublé intérieurement par un manchon en cuivre rouge laminé; *r*, *r*, sont des rainures circulaires ménagées dans le bois, et que l'on a remplies de mastic avant la pose du manchon en cuivre, auquel le mastic devient adhérent; B, est le tuyau aspirateur, joint au corps de pompe par un picotage très serré *p p*, fait dans l'épaisseur du bois du corps de pompe; un tuyau court en bronze *k*, fixé sur les bords du tuyau aspirateur avec interposition d'une rondelle annulaire de cuir, porte le clapet *c*, formé d'un double cuir serré par un boulon entre deux rondelles de cuivre rouge. La rondelle supérieure porte un appendice destiné à prévenir le renversement du clapet; il reste, comme on le voit, au bas du corps de pompe un espace annulaire, dans lequel tombent les graviers et autres corps solides entraînés par l'eau, et qui ne peuvent pas demeurer sur les bords minces du cylindre *k*; on retire au besoin ces graviers avec la main en enlevant le bouchon X. Le piston, qui

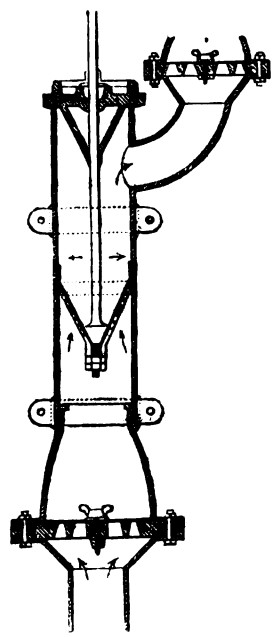


2099.

Digitized by Google

nous vient du Hartz, et qui se trouve déjà décrit dans les ouvrages de Jars et Duhamel, publiés le siècle dernier, se compose d'un bloc de bois percé de six trous évasés vers le bas pour le passage de l'eau, et garni d'une couronne de cuir clouée par le bas sur son contour : son clapet est formé d'un disque plein en cuir P, enfilé sur la tige du piston et retenu par un écrou. C'est en un mot une disposition analogue à l'âme des soufflets de cuisine.

M. Letestu a pris dernièrement un brevet pour un système de pompes dont nous donnons le dessin, figure 2100, et qui ne sont qu'une modification de la pompe précédente. Au lieu de terminer les faces de son



2100.

piston par des surfaces planes, il le forme avec un cône en cuivre percé d'un grand nombre de trous, et recouvert d'un cône en cuir préparé à la chaux et formant clapet. Le brevet de M. Letestu ne porte évidemment que sur la forme conoïde donnée à son piston ; d'un autre côté, l'eau se présente obliquement à la direction des trous, tandis qu'il serait préférable qu'elle arrivât normalement à la surface du piston ; aussi sommes-nous persuadé qu'on pourra construire des pompes au moins aussi bonnes que celles de M. Letestu, en adoptant des pistons plats comme ceux du Hartz, et qui sont dans le domaine public. Quoi qu'il en soit, M. Letestu a le mérite d'avoir puissamment contribué à répandre en France l'usage des pompes de ce système, qui présentent, dans beaucoup de cas, un avantage réel sous le rapport de leur prix peu élevé, de la facilité de leurs réparations, et sous celui de l'effet produit.

Pour les épuisements à de grandes profondeurs, ou pour de grandes quantités d'eau, on se sert de pompes métalliques, qui sont de deux sortes, savoir : les pompes élévatoires à piston creux, et les pompes à piston plein.

Les pompes élévatoires à piston creux sont les plus anciennes ; elles sont principalement employées dans les mines de houille du département du Nord et de la Belgique. Elles se composent d'un corps de pompe alésé, en fonte ou en bronze, d'un tuyau d'ascension placé au-dessus, et d'un tuyau d'aspiration placé au-dessous, et qui en est séparé par une *chapelle*, sorte de tuyau portant sur une de ses parois une porte amovible, qui sert à visiter et à réparer au besoin les soupapes d'aspiration et de retenue. Les tuyaux d'ascension ont un diamètre un peu supérieur à celui du corps de pompe, afin de pouvoir retirer au besoin le piston par la partie supérieure ; ils sont composés de tuyaux cylindriques en fonte assemblés au moyen de brides plates, avec interposition de garnitures en étoupes goudronnées ou d'un disque de plomb. Lorsque la colonne a une grande hauteur, il convient d'imprégner ces tuyaux d'huile siccative au moyen de la pompe de pression ; ce procédé peu coûteux, dû à M. Juncker, permet d'élever d'un seul jet les eaux à 250 mètres, et même plus, de hauteur verticale. Les tiges des pistons sont ordinairement en bois, et, avec leurs armatures en fer, déplacent à peu près un volume d'eau égal au leur. Le piston est un cylindre métallique creux recouvert extérieurement d'une garniture en cuir, et surmonté de deux soupapes à clapets. La soupape dormante placée au sommet du tuyau d'aspiration est également formée de deux clapets ; elle est tantôt invariablement fixée sur son siége, tantôt assez lourde pour être maintenue en place par son propre poids, et munie d'une anse qui sert à la retirer au besoin par la partie supérieure ; enfin, c'est quelquefois une soupape cônique, entièrement métallique et rodée, ou soupape à coquille.

Les pompes à piston plein sont de deux espèces : les pompes à piston remplissant la section entière du corps de pompe, et les pompes à piston plongeur ; dans les deux cas, les tuyaux d'aspiration et d'ascension sont généralement placés sur la même verticale et séparés par la chapelle ; ils sont munis, à leur jonction avec celle-ci, de soupapes s'ouvrant de bas en haut ; le corps de pompe est latéral et communique avec la chapelle par un tuyau horizontal très court.

Dans les *pompes à piston plein remplissant la section entière du corps de pompe*, et qu'il ne convient d'employer que dans des eaux limpides, le corps de pompe est alésé et ouvert à l'une de ses extrémités, ordinairement à la partie inférieure ; il n'agit alors qu'en remontant ; la tige du piston traverse alors le fond supérieur du corps de pompe dans une boîte à étoupes, ou plutôt à cuir embouti ; le piston est métallique, construit comme ceux des machines à vapeur à haute pression, et portant en dessous un disque en cuir retroussé vers le bas, dont le bord est serré contre les parois du corps de pompe par des liteaux poussés par des ressorts à boudins.

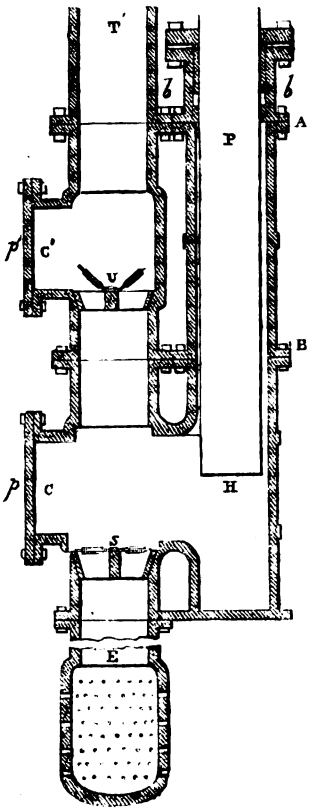
Dans les *pompes à piston plongeur* (fig. 2101) le corps de pompe AB n'est pas alésé ; l'une de ses extrémités H, est en communication avec la chapelle C, et l'autre se termine par une boîte à étoupes *b b*, dans laquelle joue un piston cylindrique plein P, alésé à l'extérieur, et d'un diamètre de quelques centimètres plus faible que celui du corps de pompe. Pour alléger le piston plongeur, on le forme ordinairement avec un cylindre creux en bronze, fermé à ses extrémités par des fonds reliés par une tige en fer, fixée à la tige motrice, ou par une tige en bois qui le remplit exactement et qui y est solidement serrée. Suivant la disposition du corps de pompe, le piston plongeur refoule l'eau, soit en montant, soit en descendant. Ces pompes, importées d'Angleterre, présentent de grands avantages sur les pompes élévatoires, ce qui rend leur usage de plus en plus fréquent.

Lorsque les eaux des mines sont corrosives, ce qui arrive fréquemment, il convient d'employer des corps de pompe en bronze et d'imprégner, comme nous l'avons dit, d'huile siccative, les tuyaux en fonte destinés à former les colonnes pour l'aspiration et l'ascension

Digitized by Google

des eaux. Lorsqu'on emploie dans ce cas des pompes à piston plongeur, on double alors souvent l'intérieur du corps de pompe avec des douves en bois.

Lorsque le tuyau d'aspiration plonge dans un puisard placé au fond du puits pour recevoir les eaux, on le termine par un panier à claire-voie E (fig. 2101) servant à empêcher les graviers d'être aspirés et de passer dans le corps de pompe.

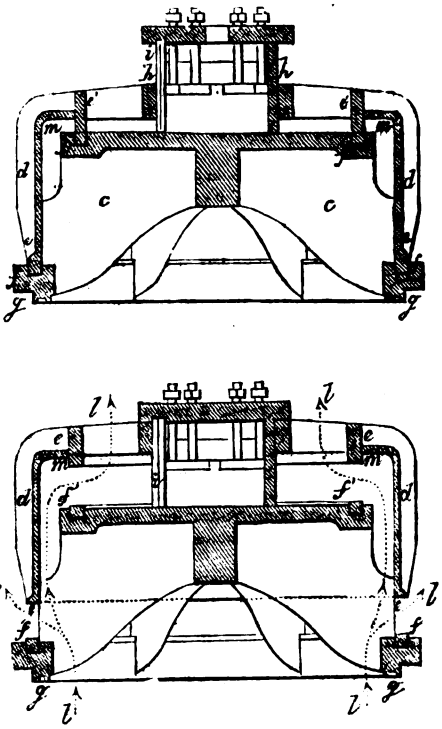


2101.

Les soupapes que l'on emploie dans les pompes à piston plongeur sont ordinairement des soupapes à clapets. M. Juncker a employé avec succès à Huelgoet des soupapes qu'il nomme *soupapes-pistons*, et qui consistent en un porte-soupape métallique fixé sur le fond de la chapelle, ou entre deux collets, percé d'une ouverture cylindrique, alésée et rodée intérieurement, et légèrement évasée en dessus; un appendice venu à la fonte guide la partie inférieure de la tige de la soupape, qui est un disque métallique plat pourvu d'une tige venue à la fonte, qui se prolonge en dessus et en dessous, et qui est garni d'un chapeau renversé de cuir embouti et biselé, appliqué sur son contour et maintenu par des anneaux métalliques plats et des boulons à vis; c'est cette garniture en cuir qui ferme hermétiquement, en s'appliquant, par la pression de l'eau supérieure, contre la paroi interne de l'ouverture cylindrique du porte-soupape. Quand ces soupapes sont construites avec soin, elles tiennent l'eau parfaitement, et ne se détériorent qu'après un temps fort long.

MM. Harvey et West ont récemment modifié les soupapes de Hornblower, employées dans les machines à vapeur du Cornouailles, pour les appliquer aux pompes de grandes dimensions. Nous ferons connaître ces soupapes, qui conviennent parfaitement aux pompes d'un fort calibre, et qui sont employées en Angleterre pour les pompes servant à élever les eaux destinées à desservir les fontaines, etc., pour les besoins des villes. La figure 2102 est une section verticale de cette soupape fermée, et la figure 2103 la représente ouverte; *cc*, est le siége en bronze, sur lequel et autour duquel se meut la partie mobile *dd*, également en bronze; les anneaux *ee*, *e'e'*, sont dressés avec soin, et s'appliquent exactement, quand la soupape est fermée, sur les parties *ff*, *f'f'*, du siége. La soupape s'ouvre à la fois par le haut et par le bas, lorsque les anneaux *ee*, *e'e'*, abandonnent leurs siéges *ff*, *f'f'*. Les siéges sont venus à la fonte, ou formés de pièces en bois ou en métal tendre, rapportées et dressées avec soin dans tous les cas; *gg*, est un sillon annulaire ménagé sous le siége, et dans lequel on loge un anneau de cuir pour prévenir les fuites; *hh*, est un cylindre venu à la fonte

2102.



2103.

avec le siége, et tourné, qui sert de guide à la partie *dd*; une saillie métallique *ii*, ménagée sur le cylindre, glisse dans une rainure pratiquée dans *dd*, et l'empêche de tourner; un disque boulonné sur le cylindre sert à limiter l'excursion de la soupape dans le sens vertical; enfin, *mm*, est la portion annulaire de la valve, qui supporte la différence de pression qui a lieu des deux côtés de la soupape, par suite du jeu de la pompe. Cette disposition permet de rendre aussi faible que l'on veut la force dépensée pour soulever les soupapes.

Pompes à incendie. Ces pompes sont toujours accouplées; les deux corps de pompe faits en bronze, ont communément $0^m,42$ de diamètre et $0^m,60$ de long. Les pistons sont entourés d'anneaux de cuir : au-dessus et au-dessous sont des cuirs amboutis; le tout est contenu et serré entre deux plaques de fer. La soupape d'aspiration est à coquille, et celle de retenue est à clapet. Entre les deux corps de pompe se trouve un réservoir ou récipient d'air, fait avec des feuilles de cuivre d'environ 3 millimètres d'épaisseur; son diamètre est de $0^m,25$ et sa hauteur de $0^m,55$. Dans sa partie inférieure, il est percé d'une ouverture circulaire à laquelle est soudé un tuyau également en cuivre, sur le haut duquel se visse un tuyau de cuir ou de forte toile imperméable, portant à son extrémité un long ajustage ou *lance* d'environ $0^m,016$ de diamètre à l'orifice, et qu'on dirige vers le *feu à éteindre*. Cette pompe est établie dans une caisse en bois montée sur quatre petites roues, et que l'on conduit au lieu où l'incendie

Digitized by Google

a éclaté. Des ouvriers y versent continuellement de l'eau avec des seaux en toile ou en cordes, tandis que les pompiers, placés aux deux extrémités du balancier menant les tiges des deux pistons, tiennent la machine en jeu. L'eau passe des pompes dans le récipient d'air; et comme elle y arrive en plus grande quantité qu'elle n'en peut sortir, sous une faible pression, par l'ouverture inférieure, elle s'y élève, comprime l'air de plus en plus, et lui donne une force élastique très souvent supérieure à trois atmosphères. La réaction étant égale à l'action, l'air presse l'eau avec cette même force; il la fait sortir avec rapidité par l'orifice de la lance, et en assurant la continuité du jet. Huit pompiers bien exercés donnent 60 coups de balancier en une minute, la course des pistons étant de $0^m,12$, et ils portent le jet à 20 mètres de hauteur verticale. Abstraction faite de tout déchet, c'est 27 kilogrammètres d'effet utile en 1" par pompier.

Les pompes placées à bord des navires sont également disposées par couples desservis par un seul et même balancier; elles sont établies de manière à épuiser l'eau de la cale, qu'elles rejettent dans la mer, et, en même temps, à pouvoir servir au besoin de pompes à incendie. P. DEBETTE.

PONTS. Parmi les ouvrages d'art que les ingénieurs sont appelés à exécuter, les ponts tiennent incontestablement le premier rang, à raison des connaissances nombreuses qu'ils exigent et des difficultés qui surviennent dans leur exécution. Aussi nous n'essaierons pas ici d'enseigner comment on construit un pont, nous nous bornerons à donner les notions les plus indispensables pour faire comprendre leur établissement, et à passer en revue les systèmes divers selon lesquels ils sont érigés.

Les ponts peuvent se diviser en ponts fixes et en ponts mobiles. Les ponts fixes tirent leur nom générique des usages auxquels ils sont destinés : ainsi on les appelle *passerelles*, quand ils ne servent qu'aux piétons ; *ponceaux*, quand ils ne dépassent pas quatre mètres d'ouverture, et qu'ils franchissent de petits cours d'eau ; *ponts proprement dits*, quand ils se composent d'une ou plusieurs arches, et qu'ils donnent accès aux piétons et aux voitures ; *ponts-aqueducs*, quand ils sont destinés à amener les eaux dans une ville ; et enfin *ponts-canaux* lorsqu'ils font franchir a un canal, un cours d'eau ou une route quelconque. Tous, quoique différents suivant le but qu'ils doivent atteindre, nécessitent cependant des travaux qui leur sont communs et que nous allons décrire.

Système de pont à adopter. Les recherches du constructeur doivent d'abord se porter sur le système à adopter. Si la route que le pont doit desservir est très fréquentée, si les communications qu'il est chargé d'entretenir sont d'une grande importance, on évitera les ponts en charpente, qui nécessitent des réparations coûteuses, répétées, et de nature à intercepter trop fréquemment le passage. S'il s'agit d'un chemin de fer, il est évident qu'on ne pourra pas employer les ponts suspendus ; les vibrations qu'occasionne le passage des convois feraient rompre les chaînes, et, en supposant que l'on pût trouver un système suffisamment résistant, les oscillations amèneraient, dans tous les cas, des déraillements trop fréquents. Si le cours d'eau avait une grande largeur, si la profondeur du lit était considérable, le courant rapide, on devrait, au contraire, opter pour les ponts suspendus, car dans le cas où l'on emploierait tout autre système, il faudrait faire usage d'un grand nombre de piles, qui non seulement donneraient lieu à une forte dépense, mais encore seraient peu solides si le sol était affouillable ou compressible. Telles sont les principales règles qui doivent présider au choix du système à adopter. Ces règles, nous le reconnaissons, sont insuffisantes, et nous devons dire ici que la somme à dépenser entre comme élément important dans le choix du système à adopter ; la sagacité du constructeur y supplée pour le reste.

Emplacement. Cette première question résolue, il en est une autre non moins importante à traiter, c'est celle de l'emplacement ; le plus souvent elle se trouve tranchée par la force des choses. Ainsi ce sont deux rues ou deux portions de route que le pont doit mettre en communication ; ce sont des rives qui étaient desservies par un bac, auquel on veut substituer un mode de transport plus commode et plus complet ; enfin le sol sur lequel on devrait établir les fondations, si l'on joignait deux points de départ et d'arrivée fixés à l'avance, est de mauvaise qualité. Dans chacune de ces circonstances des inconvénients divers se présentent : les piles correspondent à une direction, mais ne correspondent pas à l'autre ; les rives étant trop basses, les rampes forcent d'enterrer les maisons, et, en dernier lieu, le pont est compromis dans sa solidité, ou du moins obligé à des travaux considérables. Il devient donc indispensable d'examiner si une autre position ne conviendrait pas mieux, soit sous le rapport de la commodité des abords, soit sous celui de la solidité et de la facilité des fondations. En tous cas, on doit éviter les ponts biais, surtout pour les ponts à établir sur des cours d'eau, parce qu'ils sont difficiles à appareiller et que les piles peuvent être affouillées.

Largeur. En même temps que l'on règle l'emplacement, on traite aussi de la largeur entre les deux têtes. Cette largeur varie en raison de la population des localités que l'on veut desservir ; généralement elle est fixée par les dimensions de la rue ou de la route à laquelle le pont fait suite. Dans la campagne, on fait en sorte que deux voitures puissent se croiser, ce qui exige une largeur de 5 mètres ; mais pour mettre les piétons à l'abri des accidents, au moyen de trottoirs, on porte cette largeur à 7 et 8 mètres.

Débouché. La largeur une fois décidée, reste à déterminer la longueur ou le débouché. Supposons d'abord que l'on ait un pont de peu d'importance à construire, un ponceau, par exemple : pour être fixé sur le débouché qu'il convient de donner, on commence par visiter les constructions semblables établies en amont afin de connaître les ouvertures qui y ont été données, et si l'on ne trouve pas de constructions capables de servir de guides, on cherche à connaître la section du cours d'eau à l'époque des crues et la pente, puis au moyen de la formule suivante, de M. de Prony, $RI = AV + BV^2$, on calcule la vitesse. Dans cette formule, R est le rapport entre la section et le périmètre mouillé ; I, la pente par mètre : A, un coefficient d'expérience $= 0{,}000024$; B, un coefficient $= 0{,}00036$; V, la vitesse. Résolvant par rapport à V, on aura la vitesse moyenne. Appelant Q le volume d'eau qui s'écoule, Ω la section, on aura $Q = \Omega V$; équation qui permettra de connaître le volume d'eau qui s'écoule. Cela fait, il sera facile de déterminer les dimensions de l'ouverture du ponceau. En effet, prenons la formule $Q = \Omega V$, remplaçons Q par le volume des eaux qui a été trouvé précédemment, assignons à V une vitesse inférieure à celle qui est capable d'affouiller le terrain sur lequel on doit construire, on tirera facilement la valeur de la section Ω. Dans le cas où l'on serait conduit à une section trop grande pour un ponceau, on pourrait diminuer cette section, mais alors la vitesse s'accroît et dépasse la limite dans laquelle les terres peuvent résister. On doit parer à cet inconvénient au moyen d'un radier général. Quelquefois, au lieu d'avoir recours aux opérations et aux calculs que nous venons d'indiquer, on se borne à suivre une règle empyrique, qui consiste à donner $0^m,45$ à $0^m,50$ de largeur de débouché pour 1.000 hectares dans les pays plats ; $1^m,25$ de débouché pour 1.000 hectares dans les pays accidentés. Le calcul du débouché d'un grand pont offre plus de difficultés ; on trouve, il est vrai, presque tou-

Digitized by Google

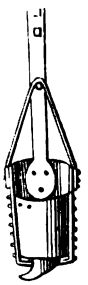
jours un guide dans les ponts situés en amont, mais souvent le remous est donné d'avance par les usines placées plus haut, dont il est indispensable de conserver la chute. Voici, dans ce cas, les diverses opérations qui sont nécessaires : le plan de la localité étant relevé bien exactement, on fait le profil en travers de la rivière, en y indiquant l'étiage et le niveau des plus grandes eaux. Pour faire ce profil, on tend une corde à laquelle sont attachées, de distance en distance, des cordelettes ; a chacune de ces cordelettes on mesure la profondeur de la rivière ; on rapporte sur le profil toutes les côtes de hauteur et de largeur, et l'on peut ensuite calculer la section à l'époque des crues et à l'époque de l'étiage. Il fait également connaître la vitesse de l'eau, mais ici la formule de M. de Prony n'est plus applicable, et l'on est obligé de recourir aux moyens suivants : un observateur se place dans un bateau muni de flotteurs en liége et d'un chronomètre ; un autre observateur se place à une certaine distance fixée, et mesurée d'avance aussi exactement que possible. Le premier observateur lâche un flotteur à un instant donné qu'il remarque au chronomètre ; quand ce flotteur, entraîné sur la veine fluide, arrive devant le second observateur, celui-ci fait un signal convenu. Cette opération est répétée 6 à 7 fois : en divisant l'espace parcouru par le nombre de secondes, on a la vitesse à la surface. On en déduit la vitesse moyenne par la formule suivante :

$$v = V\left(\frac{V+2,73}{V+3,14}\right)$$

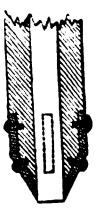
Connaissant cette vitesse v et la section, donnée par le profil, on a le volume des eaux. Il reste a calculer maintenant la largeur entre les piles et culées de façon que le remous produit ne dépasse par certaines limites. Soit L la largeur du lit de la rivière, h la hauteur moyenne, V la vitesse moyenne, Q le volume d'eau écoulé, ce volume Q sera égal à $L\,h\,V$; soit l la largeur réduite par les constructions, x la hauteur à laquelle s'élèveront les eaux avant leur entrée sous les piles, la hauteur moyenne deviendra $h+x$; la vitesse en amont deviendra V', et Q sera égal a $l\,(h+x)\,V'$; égalant les deux valeurs de Q, on tirera $V' = \frac{h\,V}{h+x}$. Lorsque l'eau est entrée sous les piles, sa vitesse change et devient V" ; elle éprouve en outre une contraction qui équivaut a une diminution de vitesse. Soit m le coefficient qui en tient compte, le volume Q sera égal alors à $l\,h\,m\,V"$; égalant cette valeur avec celle trouvée en fonction de V', on a $l\,h\,m\,V" = L\,(h+x)\,V'$, d'où $V" = \frac{L\,(h+x)\,V'}{l\,h\,m}$; substituant à V' sa valeur précédente, nous aurons $V" = \frac{L\,V}{l\,m}$. Mais le remous est produit par la différence entre les hauteurs dues aux vitesses, on a donc $x = \frac{V"^2}{2g} - \frac{V'^2}{2g}$; remplaçant V' et V" par leur valeur déjà trouvée, on a $x = \frac{V^2}{2g}\left(\frac{L^2}{l^2\,m^2} - \frac{h^2}{(h+x)^2}\right)$, équation en x^3. On la résoudra avec une approximation suffisante, en négligeant le terme en x^2 et en tirant une première valeur de x, que l'on substituera ensuite à x^2, et en tirant finalement la valeur de x. Le coefficient m, selon *Eytelwein*, doit être = 0,95. La formule que nous venons de donner réglera donc l'ouverture minimum que le pont devra avoir ; il faudra ensuite calculer le nombre des piles et, par suite, le nombre des arches, de manière a ce qu'elles ne soient pas restreintes. Si le pont doit être établi sur un cours d'eau qui n'est pas navigable, non sujet a de grandes crues, on pourra choisir de petites arches, parce que leur construction est plus économique que celle des grandes ; mais si le cours d'eau est sujet à des crues considérables et fréquentes, s'il sert en outre à la navigation, on devra préférer les grandes arches, afin de permettre l'écoulement facile des eaux et ne pas arrêter les corps flottants, tels que glaces, arbres déracinés, qui formeraient des obstacles et causeraient la ruine du pont. Il faut aussi élever ces arches au-dessus du niveau du fleuve, de telle sorte que la navigation ne soit pas interrompue à chaque instant. Dans le cas où le sol serait affouillable ou peu résistant, on opterait également pour des arches à grande portée, afin d'éviter les fondations des piles qui seraient tres coûteuses. Ces diverses considérations terminent les travaux préliminaires nécessaires à l'étude des projets de pont.

Fondations. Examinons maintenant les détails d'exécution. Quand on veut construire un pont, il est indispensable de connaître la nature du sol sur lequel on doit l'établir.

Sondages. Cette connaissance s'obtient au moyen de sondages faits non seulement dans l'axe du projet, mais encore sur les lignes transversales à cet axe. Généralement on emploie à ces opérations une sonde terminée par une tarière (fig. 2104 et 2105), qui rapporte un échantillon du terrain que l'on veut explorer. La tige de la sonde se compose de plusieurs pièces assemblées à vis. Pour opérer, on enfonce avec le mouton des pieux forés comme des corps de pompe ; on enlève successivement avec la tarière la terre qui s'y introduit. Il est important de pousser la reconnaissance jusqu'à une profondeur considérable.



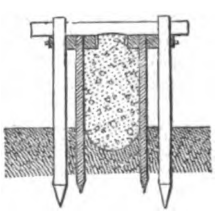
2105.



2104.

Différentes natures de terrain. Parmi les terrains que l'on peut rencontrer, les uns sont assez solides pour supporter immédiatement le poids de l'ouvrage, tels sont les roches, les tufs : les autres, tout en étant incompressibles, sont affouillables, tels sont les sables, le gravier et certaines argiles ; d'autres, enfin, sont à la fois compressibles et affouillables, comme la vase et la tourbe. Chacun d'eux exige des modes de fondation particuliers que nous allons passer en revue.

Fondation par batardeau. Les roches constituent les terrains les plus favorables que l'on puisse avoir, car elles sont incompressibles et inaffouillables. Si la profondeur de l'eau le permet, c'est-à-dire si elle ne dépasse pas 1m,50 à 2m, on fonde au moyen de batardeaux (fig. 2106). On commence par draguer l'emplacement de la pile de manière à mettre le sol à nu, puis, si la roche n'est pas trop dure, on enfonce des pilotis que l'on relie deux à deux par des entre-toises dans le sens transversal, et par des longuerines boulonnées dans le sens longitudinal. On place ensuite dans l'intervalle de deux fermes des palplanches qui s'appuient sur le sol et sur les longuerines, en les disposant de manière qu'elles soient jointives ; elles ont pour but de maintenir les terres que l'on pilonne derrière elles, et qui doivent achever d'empêcher l'infiltration des eaux. Il est nécessaire que ces terres aient de la liaison ; on doit par conséquent éviter l'emploi du sable. Lorsque l'emplacement qui doit recevoir la pile est ainsi entouré d'un mur à peu

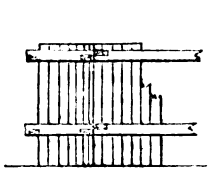


2106.

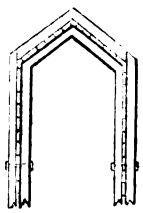
Digitized by Google

près impénétrable, on l'épuise, soit au moyen de la vis d'Archimède, soit au moyen de norias ou de pompes. Ces épuisements sont poussés avec activité jour et nuit, parce que, malgré le soin que l'on a apporté à la construction du batardeau, il y a toujours des infiltrations qui se produisent et qui, accumulées, finiraient par gêner les ouvriers. Quand la fouille est à peu près à sec, on arase le sol au moyen de coups de mine et l'on construit comme sur un terrain ordinaire. Nous avons supposé ici que l'on pouvait enfoncer quelques pieux, mais le plus souvent la roche est trop dure; on relie alors les pieux qui forment la ferme par une entretoise, à peu près au niveau de l'étiage, et par un tirant de fer placé à la partie inférieure. Ce tirant, fixé d'abord à plat sous les pieux, se recourbe ensuite de champ, afin que la terre qui forme le remplissage entre les parois en planches, l'entoure parfaitement et empêche la pénétration des eaux.

Fondation par caisse étanche. Si la profondeur est plus grande que 1m,50 à 2m, on renonce au mode de fondation par batardeau, qui deviendrait trop dispendieux à cause des difficultés de construction de l'enceinte et des épuisements, qui seraient considérables; on se sert alors d'une caisse étanche (fig. 2107 et 2108). Cette caisse se compose de fortes longuerines boulonnées à des pilots, laissant entre elles un intervalle de 0m,15 au moins occupé par les palplanches, qui ont une épaisseur de 0m,15, et



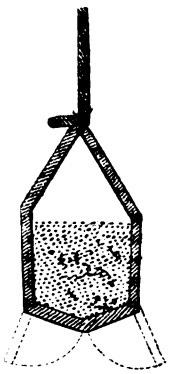
2108.



2107.

sont assemblées à grain d'orge afin de les rendre plus étanches. Ces palplanches se placent dans le sens perpendiculaire aux longuerines auxquelles elles sont boulonnées, elles sont maintenues en haut et en bas par un cours de ces pièces. La caisse est construite immédiatement au-dessus de l'endroit où l'on veut l'enfoncer, et on a soin de donner à la partie inférieure exactement la forme du sol sur lequel elle doit reposer; il faut donc avoir fait préalablement le dragage du lit de la rivière. Quand la caisse est achevée, on l'échoue, en enlevant les madriers sur lesquels elle reposait, l'attachant avec des câbles, et la laissant glisser le long de pièces de bois qui descendent jusqu'au fond de la rivière et la forcent à se placer exactement dans les ondulations du terrain dont elle a la forme. Cela fait, on coule du béton par les procédés que nous exposerons tout à l'heure, et l'on fait les épuisements comme à l'ordinaire.

Caisse non étanche. Les deux systèmes de fondations que nous venons d'indiquer nécessitent toujours des épuisements, opérations coûteuses et quelquefois impossibles, si le cours d'eau est très profond : aussi a-t-on imaginé de se servir d'un caisson construit à peu près dans le genre de celui que nous venons de décrire, mais dont les palplanches affûtées ne sont pas assemblées entre elles. Pour établir cette caisse non étanche, on commence par enfoncer les pilots jusqu'au rocher; on les relie par des longuerines, puis on bat les palplanches dans l'intervalle des longuerines jusqu'à ce qu'elles atteignent aussi le rocher; on drague ensuite le sable compris dans l'intérieur de la caisse, et l'on procède à la coulée du béton. Cette opération, très importante dans ce mode de fondation, car c'est sur lui que repose toute la solidité de l'ouvrage, se fait au moyen de différents appareils, qui tous ont pour but d'empêcher qu'il ne se délaie dans sa chute : ce sont généralement des seaux que l'on descend jusqu'au fond, et que l'on fait basculer, ou bien des caisses à fond mobile que l'on ouvre lorsqu'elles sont parvenues jusqu'au sol (fig. 2109). Dans tous les cas, on a soin de comprimer le béton à mesure qu'on l'immerge, afin qu'il s'étende en nappes; on intercale aussi de temps en temps des lits de pierre que l'on place, autant que possible, près de la paroi de la caisse, afin que, si celle-ci vient à se détériorer, elles puissent offrir de la résistance aux corps flottants qui sont souvent entraînés par les eaux. On peut aussi, pour donner plus de solidité, réunir les poteaux par des tirants en fer; mais alors il faut, avant l'immersion de la caisse, y fixer des crochets. Les tirants que l'on place ultérieurement à différentes hauteurs, dans la maçonnerie, sont munis d'œils; on les fait glisser jusque sur les crochets, en les guidant avec des tiges de fer; on peut encore ajouter à la solidité de l'ouvrage en donnant du fruit aux palplanches et pilots. Ce fruit est généralement de 1/5 à 1/6. Le moyen le plus généralement employé dans la pratique consiste à couler le béton dans une caisse rectangulaire en bois, inclinée par rapport à l'axe de la pile. Dans ce canal, on verse les brouettes de béton, qui se trouve ainsi dans un milieu stagnant isolé des eaux courantes qui pourraient le délayer. Il est également important de verser le béton du côté de l'amont, pour que le cours de l'eau aide au nivellement des couches, et pour que la chaux délayée ait à parcourir la longueur de la pile avant de s'échapper.



2109.

Fondation sur gravier, cailloux, argile. Les fondations sur sable ou gravier nécessitent des moyens tout différents de ceux que nous venons de passer en revue. En effet, quoique le sol soit incompressible, il est très affouillable; et si on employait les caissons sans autre précaution, l'eau, dans les crues, ne tarderait pas à enlever le sable qui se trouverait sous les maçonneries, et il en résulterait des tassements qui amèneraient infailliblement la chute du pont. C'est encore à cause des affouillements et des infiltrations que les batardeaux ne sont pas applicables; car avec les terrains les épuisements seraient presque impossibles.

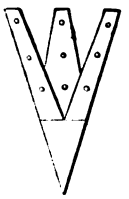
Pilotis. Le mode de fondation le plus usité, dans ces circonstances, consiste dans l'emploi des pilotis. Les pilots ou pilotis sont des pièces de bois que l'on enfonce verticalement dans le sol de la riviere, et qui servent à supporter un plancher sur lequel on établit les piles ou culées. Le bois le plus souvent employé à cet effet est le chêne, qui se conserve parfaitement quand il est plongé entièrement dans l'eau, et qu'il n'est pas soumis alternativement à l'action de l'air et à celle de l'eau; on emploie aussi quelques espèces de pins, le pin maritime, par exemple, qui sert, dans le midi de la France, à toutes les constructions hydrauliques. Les pièces de bois destinées à former des pilotis sont armées à leur extrémité inférieure, qui est nécessairement le petit bout, d'un sabot, soit en fonte, soit en fer. Ce sabot a pour but d'empêcher le bois de s'émousser, lorsqu'il traverse des couches de terrain consistantes. Quand il est en fonte, il est formé d'une masse conique en métal munie, dans l'intérieur, d'une barre dentelée en fer (fig. 2110). Pour le fixer à l'ex-

Digitized by Google

trémité du pieu, on commence par donner à celui-ci une légère forme conique, afin que le sabot puisse s'y adapter; puis on l'enfonce à coups de masse, en faisant pénétrer la barre dentelée dans le milieu du pieu. Si le sabot est en fer, il a aussi la forme conique, mais il est



2110.



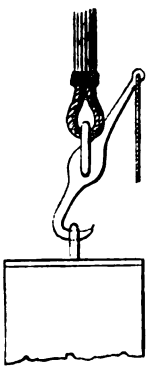
2111.

muni de trois ou quatre branches percées de trous (fig. 2111). Ces trous reçoivent des broches en fer qui fixent le sabot d'une manière invariable. L'autre extrémité du pieu devant recevoir des chocs violents, il est nécessaire de la consolider aussi, sans quoi elle se détériorerait; on la garnit d'une frette ou cercle en fer, qui retient les fibres du bois et les empêche de se déchirer. Le plus généralement on emploie les sabots en fer avec des branches, comme il a été dit précédemment, que l'on pose à chaud.

Sonnettes à tiraudes. Les machines destinées à enfoncer les pieux sont appelées sonnettes; les sonnettes sont de deux sortes, à tiraude ou à déclic. La sonnette à tiraude se compose d'un patin en charpente fixé à un bateau; sur ce patin s'élèvent deux pièces verticales et parallèles appelées jumelles, distantes entre elles de 0m,10 à 0m,15; elles sont consolidées sur les côtés et par derrière au moyen de jambes de force. C'est devant ces deux jumelles que se meut la masse qui doit produire l'enfoncement par sa chute, et qui est appelée mouton. Les moutons sont en bois ou en fonte; les moutons en bois sont formés d'un bloc rectangulaire de bois dur, pesant à peu près autant que les pieux qu'ils sont destinés a enfoncer; ils sont garnis sur leur face inférieure de clous en fer; sur le côté qui frotte contre les jumelles se trouvent deux oreilles qui s'engagent dans l'espace vide qu'elles laissent entre elles, et qui sont munies de clefs, afin que le mouton ne vacille pas. Le mouton est soulevé au moyen d'une corde qui s'enroule sur une poulie placée au sommet de la machine. L'extrémité de cette corde se ramifie en un nombre de cordes plus petites, égal à celui des ouvriers : on appelle volée une série de 20 à 25 coups de mouton frappés de suite.

Sonnettes à déclic. Dans les sonnettes à déclic, le mouton, au lieu d'être en bois, est en fonte. Quand il arrive au sommet de sa course, au lieu de retomber avec sa corde, le crochet qui le tenait attaché se décroche au moyen d'un déclic ou d'un levier, et le mouton tombe tout seul. Il faut alors redescendre la corde pour le raccrocher et le soulever de nouveau (fig. 2112). Le mouton, dans ces sonnettes, est plus pesant que dans les sonnettes à tiraudes; il est élevé à une plus grande hauteur. Dans ces derniers temps, on a appliqué les marteaux à vapeur, et mieux le marteau-pilon, au battage des pilots; tout l'appareil était supporté par le pieu à enfoncer; on a pu donner 70 à 80 coups de mouton par minute, tandis qu'avec la sonnette à tiraude ordinaire on ne peut en donner que 20 à 25. Pour enfoncer un pilot de 9 à 12 mètres, il ne fallait que deux ou trois minutes. Cette machine a réalisé une grande économie; elle est susceptible d'heureuses applications dans les grands travaux hydrauliques.

La première chose à faire, quand on a à établir un pont sur pilotis, c'est de calculer le nombre de pieux qui seront nécessaires à chaque pile ou à chaque culée pour supporter le poids du pont; on y arrive facilement sachant, d'après les expériences de Perronnet, qu'un pieu de 0m,20 à 0m,21 de diamètre peut supporter sans s'altérer une charge de 24.000 kilogrammes et 25.000 au plus. L'opération du battage, toute simple qu'elle soit, présente quelquefois des difficultés. En effet, il est indispensable que les pieux atteignent un sol résistant, sans quoi ils seraient déchaussés par les affouillements. Or, très souvent il arrive que, même dans le sable, ils ne s'enfoncent que de 2 à 3 mètres, et refusent d'aller plus avant. Pour remédier à ces inconvénients, on peut draguer le sable à une profondeur telle que le sol résistant soit atteint par les pieux. Si, malgré cela, les terrains solides ne pouvaient être pénétrés, on serait obligé d'entourer le pilotage de forts enrochements ou d'avoir recours à une fondation par encaissement que nous exposerons ultérieurement. Dans ces sortes d'enrochements, il convient d'éviter l'emploi du béton qui adhère aux pieux, et permet à l'eau de venir entraîner le sable placé immédiatement au-dessous; on se sert, autant que possible, de pierres plates.



2112.

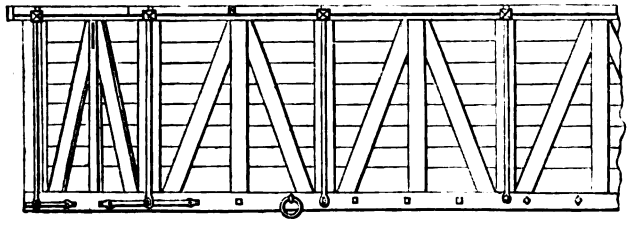
Recépage. Les pieux ainsi enfoncés sont loin d'avoir la même hauteur au-dessus du fond du cours d'eau; les uns ont pris une fiche considérable, les autres n'en ont pris qu'une faible; on doit alors les égaliser. Cette opération se fait au moyen des scies à recéper. Parmi les scies qui sont en usage, la scie Decessart est celle qui travaille avec le plus de précision; mais elle a l'inconvénient d'être coûteuse et d'opposer une assez grande résistance à l'eau; celle qui est préférée est une scie circulaire qui a fonctionné pour la première fois au pont de Bordeaux : on la manœuvre avec plus de facilité. On se sert aussi quelquefois d'une scie oscillante, quand on n'a pas besoin d'une grande précision dans la coupe des bois. Quoi qu'il en soit, il est très important que le plancher sur lequel on établit la scie soit parfaitement horizontal, puisque c'est de cela seul que dépend le bon résultat du travail. Le recépage a lieu à environ 0m,60 ou 0m,70 au-dessous des plus basses eaux. Quand il est achevé, on relie les files de pilots par des chapeaux ou longuerines de fort équarrissage, que l'on fixe au moyen de boulons en fer dans la tête des pieux. Pour que cette opération réussisse, on prend la précaution de relever exactement leur position, et de percer au droit de leur tête un trou pour le passage du boulon; on dirige ce dernier dans le trou préparé à l'avance au moyen d'un tuyau; et quand il y est entré, on achève son enfoncement à coups de masse. Lorsque les chapeaux sont en place, on fixe dans le sens transversal, à l'aide de broches, les pièces qui doivent former le plancher sur lequel on fonde la première assise; la distance entre le plancher et l'étiage n'est plus alors que d'environ 0m,10 a 0m,15.

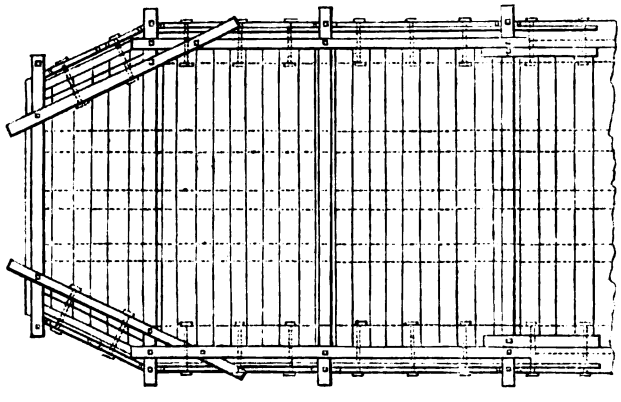
Fondation sur caisson. Jusqu'ici nous avons supposé que la rivière n'était pas très profonde et que l'on n'eut pas gêné par les crues; mais si on se trouve dans de pareilles circonstances, il est nécessaire de modifier un peu les procédés que nous venons d'indiquer; en effet, il serait très difficile de trouver des pieux assez longs pour qu'ils pussent prendre une fiche convenable dans le sol

Digitized by Google

résistant, et, quand bien même on y arriverait, ils ne supporteraient pas d'une manière convenable la poussée des eaux, en raison de leur grande hauteur au-dessus du fond de la rivière. ils s'inclineraient certainement et produiraient peut-être la ruine du pont. On pare à ces accidents en recépant les pieux à peu de distance au-dessus du lit et en faisant usage d'un caisson (fig. 2113 et 2114). Le caisson se compose d'un cadre en fortes pièces qui a la forme de la pile, de racinaux ou traversines dans le sens perpendiculaire au cadre, et enfin d'un vannage que

2113.

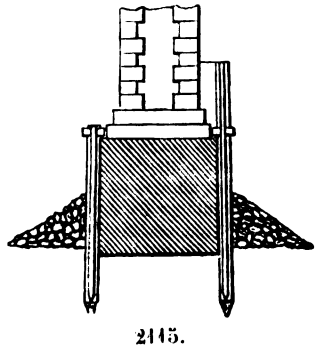




2114.

l'on peut enlever après l'échouage du caisson et qui a pour effet de mettre à l'abri des crues. Les racinaux qui forment le plancher sur lequel on construit s'assemblent dans les cadres au moyen de tenons et sont reliés, de distance en distance, par des boulons ; on leur donne une épaisseur uniforme, ou bien on donne à ceux qui reposent sur les pieux une épaisseur plus considérable, et on comble la différence de niveau par des madriers transversaux. Les vannages sont formés de compartiments de 3 à 4 mètres ; ils s'assemblent au moyen de rainures ménagées dans les cadres et dans des poteaux verticaux. Afin de les assujettir solidement, on place transversalement au caisson des madriers qui dépassent les bords de $0^m,50$ à $0^m,60$; ils sont reliés avec le cadre au moyen d'un tirant en fer muni d'un œil et d'un boulon. On place l'œil dans un crochet placé à cet effet dans le cadre et on boulonne sur les madriers. Tous les joints sont calfatés, afin de les rendre parfaitement étanches. La caisson se construit sur une berge de la rivière près de l'emplacement du pont ; quand il est achevé, on le met à flot en le faisant glisser sur un plan incliné, et l'on commence la maçonnerie des piles dans son intérieur ; lorsque l'on a élevé deux ou trois assises de manière à lui donner du poids, on l'amène sur l'emplacement de la pile et on l'échoue sur les pieux préparés à cet effet. Cet échouement se fait en laissant entrer l'eau dans certains compartiments, tandis que dans certains autres on continue la maçonnerie. Si le caisson est assez lourd pour ne pas être soulevé par la rivière, on épuise l'eau introduite et on continue la maçonnerie jusqu'à ce qu'elle s'élève au-dessus de l'étiage et qu'on n'ait plus à craindre les crues ; on enlève les vannages et on les fait servir à la construction d'autres piles.

Fondation par encaissement. Les systèmes de fondations sur pilotis, que nous venons de décrire avec plate-formes ou caissons, offrent certainement toutes les garanties de solidité suffisantes, mais ils sont coûteux en raison de la grande quantité de bois qu'on y emploie et des travaux accessoires dans lesquels ils entraînent. Aussi a-t-on cherché, dans ces derniers temps où l'établissement des chemins de fer a nécessité un grand nombre de ponts, une méthode plus économique. On y est parvenu au moyen des encaissements. Pour fonder par encaissement, on bat une série de pieux qu'on relie par des longuerines boulonnées, entre lesquelles on enfonce des palplanches, on drague le fond compris dans l'enceinte que l'on a formé, et l'on y coule du béton comme à l'ordinaire; mais les pieux et les palplanches n'étant pas suffisants pour se préserver des affouillements, on fait tout autour de l'encaissement de forts enrochements en pierre qui viennent remplacer le sable à mesure qu'il est entraîné et protégent le sol contre l'action du fleuve. Cette méthode, à laquelle nous n'hésitons pas à donner la préférence, a été employée avec succès dans les ponts d'Oissel, sur la ligne de Paris à Rouen. Le fond se composait de gravier, on avait donné à l'encaissement la forme représentée (fig. 2115). Le chapeau se boulonnait avec les pieux, et dans quelques piles, pour donner une plus grande solidité, on avait placé deux chapeaux, l'un au-dessus de l'étiage, l'autre à deux mètres au-dessus du fond de la rivière, pour placer celui-ci, on l'assemblait avec quatre pieux extrêmes, au moyen de boulons, à la



2115.

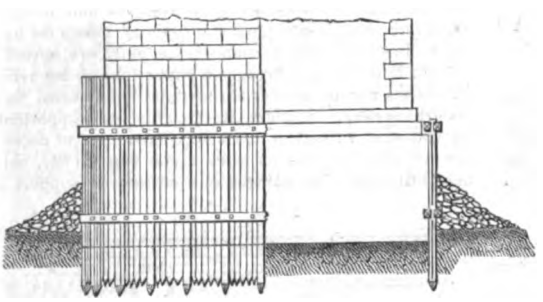
distance même où il devait se trouver, puis on battait successivement les quatre pieux et l'on enfilait ensuite les autres dans les vides ménagés dans ce chapeau inférieur.

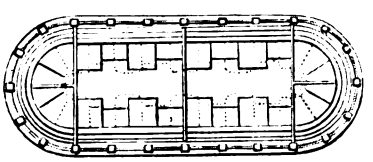
Digitized by Google

On agissait de la même manière avec les palplanches; celles-ci, aussi bien que les pieux, affectaient une inclinaison ou fruit dans le sens de la pile pour donner plus d'empâtement aux fondations en béton. Quand tous les pieux étaient battus, on assemblait le chapeau supérieur et on le fixait avec les boulons au-dessous de l'étiage, puis on draguait le fond. On s'est servi pour ce travail de cuillers ordinaires de draguage en feremmanchées d'un long bras de levier et terminées, à leur extrémité, par une chaîne s'enroulant sur un treuil; le levier servait à presser dans le sol et le treuil servait à retirer la cuiller après son action sur le fond. Pour maintenir l'inclinaison des pieux, on se contentait de les tirer avec une corde dans le sens du surplomb, c'est-à-dire intérieurement pendant que le mouton tombait verticalement. Nous donnons (fig. 2116 et 2107) la coupe longitudinale et la coupe horizontale de ce système dont l'expérience a sanctionné l'efficacité.

Dans quelques circonstances, au lieu d'employer ces pilotis ou les encaissements, on s'est contenté d'établir

2116.

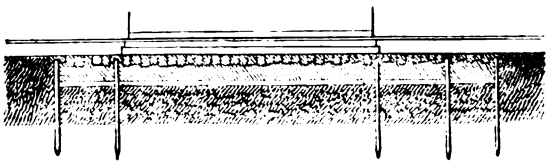




2117.

de forts enrochements à l'aide de pierres jetées dans le lit de la rivière à l'emplacement même de la pile, c'est ce que l'on appelle enrochements à pierres perdues. Cette sorte de fondation, qui est celle du pont Saint-Esprit sur le Rhône, résiste assez bien au courant, mais elle a le grave inconvénient de rétrécir beaucoup le débouché de la rivière, à cause de l'empâtement que l'on est obligé de lui donner, d'augmenter beaucoup la vitesse de l'eau entre les piles et de rendre la navigation difficile. Des exemples récents démontrent d'ailleurs que ce système ne réussit pas toujours, et qu'il peut arriver que ces enrochements glissent ou s'enfoncent dans le sol et que la pile suive ce mouvement et s'affaisse.

Fondation sur un terrain vaseux et tourbeux. — Radiers généraux. Lorsque l'on a à exécuter des travaux de fondation sur un sol tourbeux ou vaseux, les précautions à prendre pour prévenir les tassements et les affouillements doivent être encore plus minutieuses. Deux genres de travaux sont alors en usage, ce sont les radiers généraux et les grillages. Dans la construction des radiers généraux, on remplace le sol naturel par un sol factice en maçonnerie qui s'étend dans toute la partie du cours d'eau que devra occuper le pont; c'est dessus qu'on établit les piles et culées (fig. 2118). On commence donc à battre les palplanches transversalement à la rivière; généralement on en bat trois



2118.

rangs parallèles en amont et deux rangs en aval du pont; les trois rangs d'amont sont nécessaires, parce que c'est en cet endroit que les affouillements sont le plus à craindre. Lorsque la profondeur de la rivière n'est pas trop considérable, on peut faire des épuisements; on construit alors des batardeaux dont les palplanches sont assemblées à grain d'orge, afin d'empêcher, autant que possible, la pénétration des eaux. Quand on a endigué ainsi une portion du sol, on le drague et on le remplace par une maçonnerie de béton et de libages; il est indispensable de faire ce travail par portions, afin de ne pas arrêter l'écoulement des eaux et d'avoir une masse d'eau moins grande à enlever à la fois, car c'est là la grande difficulté de cette sorte de fondation: souvent, malgré toutes les précautions, l'eau s'infiltre par-dessous les palplanches, et alors on est obligé, comme au pont de Moulins, d'établir sur le fond de la fouille un plancher calfaté avec de la glaise. Au pont du Guetin, qui a été fondé à peu près dans le même système, au lieu de donner une épaisseur uniforme au radier, on l'a augmentée en amont et en aval, ce qui est une précaution utile, puisque c'est surtout en ces endroits que les ponts se trouvent minés par les courants d'eau.

Quelquefois, à la place de la maçonnerie, on emploie avec succès des fascinages que l'on étend dans toute la longueur du pont et que l'on charge avec du gravier et des enrochements. Ce système est beaucoup plus économique, mais il ne peut servir que dans certains cas; il est d'ailleurs moins bon que celui qui a été mis en usage aux ponts de Bordeaux et de Rouen, et que nous allons décrire.

Fondation sur grillages. On commence par enfoncer des pieux tout autour de l'emplacement de la pile, puis quelques-uns dans l'intérieur. Leur effet est de guider un treillage en charpente préparé hors de l'eau, et que l'on immerge ensuite (fig. 2119, 2120 et 2121). Ce treillage a lui-même pour but de reporter les pressions sur une plus grande surface et de maintenir les pilots, que l'on bat ensuite dans chaque carré jusqu'à ce qu'il y ait refus. Quand le battage est terminé, on recèpe et on place le caisson comme à l'ordinaire. On peut aussi, comme au pont de Rouen, battre deux rangs de pieux jointifs, les entourer d'un cadre, et former une sorte de pilotage jusqu'à ce que le terrain soit devenu suffisamment solide par la compression.

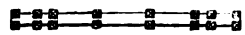
Construction hors de l'eau des piles et culées. Tout ce que nous avons dit sur les fondations se rapporte à l'établissement des piles. Quant aux culées, les travaux sont à peu près les mêmes; seulement nous ferons remarquer qu'à cause du peu de profondeur de l'eau, on peut presque toujours employer les batardeaux et les épuisements qui permettent de construire à sec, et par conséquent avec plus de facilité.

Les piles sont terminées en amont par des avant-

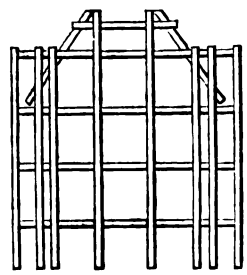
Digitized by Google

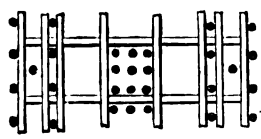
becs et en aval par des arrière-becs. Ce sont des ouvrages destinés à leur donner plus de solidité, mais surtout à les protéger contre l'effort des eaux et le choc des corps flottants. La forme des avant-becs n'est pas indifférente. D'après les expériences de Gauthey, celle qui produirait le moins de perturbation dans le cours de l'eau, serait composée de deux arcs de cercle qui se coupent, mais l'angle aigu serait promptement détérioré par les glaces; aussi a-t-on adopté la forme demi-circulaire. Celle qui conviendrait le mieux après celle-ci serait elliptique, mais elle est difficile à construire. Enfin la moins avantageuse est la forme angulaire, tant à cause du remous qui est plus considérable qu'à raison du danger qu'elle présente à la navigation. C'est pour ces motifs qu'elle n'est usitée que dans les anciens ponts. En même temps que l'on règle la forme des piles, on fixe aussi leur épaisseur. Autrefois les piles avaient de fortes dimensions, on les calculait, comme les culées, de manière à résister à l'effort de toute la voûte; il en résultait que la navigation était gênée aussi bien que la circulation, parce que l'on était obligé d'adopter de petites arches fort élevées. Aujourd'hui que l'on construit des ponts en arc de cercle, la circulation est beaucoup plus facile; mais aussi la poussée est plus considérable, et on ne peut plus calculer les piles de manière à leur donner des dimensions suffisantes pour en faire des culées. Le seul inconvénient de ce système, c'est que si, par un cas fortuit, l'une des arches est détruite, la pile ou les piles qui la soutenaient ne sont plus suffisantes, et la destruction du pont s'ensuit immédiatement. Il n'en est pas de même des culées; on n'a plus ici, comme pour les piles, deux poussées qui se détruisent, chaque culée supporte la poussée d'une demi-arche et doit y résister. Pour déterminer ses dimensions, on cherche le moment de stabilité du pied-droit et de la voûte, en supposant déjà connue l'épaisseur de ce pied-droit. Cette valeur devra au moins être égale au moment de la poussée horizontale; l'équation posée, on verra facilement si cette épaisseur qui a servi de point de départ est admissible.

2119.



2120.



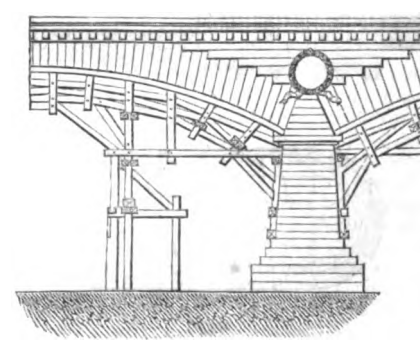


2121.

La construction hors de l'eau des piles et culées n'offre aucune difficulté. Les matériaux pour les piles sont apportés dans des bateaux et enlevés par des grues jusque sur les piles. Ces matériaux peuvent être de la pierre de taille, du moellon ou de la meulière. Si c'est la pierre de taille que l'on emploie, les pierres apparentes seules sont taillées, le reste se fait avec des libages ou du moellon. Si c'est du moellon ou de la meulière, les avant-becs et arrière-becs n'en sont pas moins faits en pierre de taille; il n'y a que les parements latéraux qui sont construits en petits matériaux, encore les relie-t-on avec des chaînes en pierre de gros échantillon. Dans le cas où l'on a un terrain compressible, on évide les piles par des voûtes, afin de leur donner moins de poids; mais il est évident que ce système n'est applicable qu'à des ponts légers, tels que les ponts suspendus. Les piles, ainsi que les culées, sont couronnées par des bandeaux; elles sont également munies d'anneaux appelés organeaux.

Les opérations que nous avons décrites jusqu'ici s'exécutent ordinairement dans l'espace d'une campagne. On laisse les tassements se faire pendant l'hiver, et au printemps suivant on commence les travaux accessoires nécessaires à la construction des arches. Ces travaux consistent en cintres et en ponts de service.

Cintres fixes. Les cintres sont des charpentes destinées à soutenir les voussoirs qui doivent former les arches pendant le cours de leur construction. Ils sont fixes ou mobiles. Les cintres fixes sont formés de poutres qui prennent des points d'appui dans la rivière, et soutiennent un système de charpente qui a généralement la forme de fermes ou de triangles invariables. Ces poutres, comme au pont de Tours, peuvent s'appuyer sur une fausse pile en maçonnerie que l'on détruit quand le décintrement est fait; d'autres fois, elles sont supportées par un système de pilotis qui disparaît également lors de l'achèvement du pont. Dans les circonstances ordinaires où l'on construit sur une rivière navigable, on est obligé de réserver une marche marinière, c'est-à-dire capable de laisser passer les bateaux. Les cintres sont composés de plusieurs fermes, suivant le poids des ouvrages à supporter; on les relie entre elles par des moises horizontales boulonnées. Sur les arbalétriers, on place les couchis qui supportent les voussoirs au moyen de cales. Quand on veut décintrer, on peut, comme au pont d'Iéna (fig. 2122), ruiner petit à petit les poutres qui servent de support à



2122.

tout le système, et qui s'assemblent à tenon et mortaise avec les pièces fixées au fond de la rivière; de cette façon les tassements se font doucement sans compromettre la solidité de l'ouvrage.

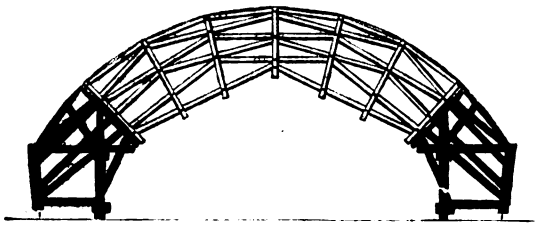
Cintres retroussés. Les cintres qui ne prennent point d'appui dans le fond de la rivière sont dits retroussés; ils sont formés d'une série de poutres butant les unes contre les autres, reliées entre elles par des tirants et moises pendantes; mais, par cela même qu'ils n'ont pas d'appui intermédiaire, ils éprouvent un tassement considérable et sont moins bons que les autres. On les compose de plusieurs fermes reliées entre elles comme dans les cintres ordinaires.

Cintres mobiles. Les cintres mobiles sont ceux qui peuvent se transporter d'une arche à une autre pour servir à la pose des voussoirs. Ils sont divisés en deux parties, l'une qui est attenante à chaque pile, l'autre qui est mobile et retroussée. On fixe la partie mobile au moyen de coins maintenus par des taquets pour qu'ils ne glissent pas. Lors du décintrement, on fait

Digitized by Google

glisser le taquet, et on ruine les coins de telle sorte que le tassement ait lieu par degrés. Au pont de Bordeaux, on a employé un système mixte (fig. 2123) : la partie hachée était fixe, la partie du milieu était mobile et formée de six rangs d'arbalétriers. Cette disposition était motivée par la difficulté d'établir des appuis intermédiaires et par les inconvénients qu'aurait présentés l'obstruction des arches.

Un complément indispensable à un cintre est un pont de service, au moyen duquel on amène tous les

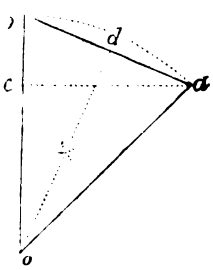


2123.

matériaux qui doivent entrer dans la construction des arches. On peut le placer latéralement à la construction qu'il desert, ou bien sur les cintres eux-mêmes. Le premier système rentre dans les ponts en charpente ordinaire dont il sera parlé ultérieurement ; le second nécessite un déplacement continuel des supports à mesure que la pose des voussoirs avance. C'est ce système qui cependant a été préféré aux ponts de Moulins et de Sèvres.

Formes des arches. Les arches dont on s'occupe aussitôt que ces travaux préparatoires sont terminés ont des formes variées. Autrefois on ne connaissait guère que le plein-cintre, ou demi-circonférence à laquelle les parois des piles sont tangentes ; mais ces ponts, qui exigeaient une grande élévation dans les arches, étaient d'un accès si difficile, qu'on dut songer à y substituer une courbe d'une moindre flèche : on imagina alors les anses de panier ; ce ne fut que plus tard qu'on songea à employer une courbe qui facilitât davantage encore les abords et qu'on fit usage de l'arc de cercle. Nous allons donner seulement le tracé des arches sans entrer dans les considérations théoriques par lesquelles on détermine leur épaisseur. Nous renvoyons pour cela au mot VOUTE, où ce sujet trouve naturellement sa place ; autrement nous serions forcés d'entrer dans des détails qui sortent du cadre que nous nous sommes fixé.

Tracé des arches. Le tracé du plein-cintre est le plus simple de tous, c'est un demi-cercle dont le rayon est égal à la moitié de la largeur de l'arche. Le tracé de l'arc de cercle dépend de la montée ou flèche ; elle doit être au moins de 1/8 de l'ouverture ; quand elle est moindre, il existe trop peu de différence entre l'intrados et l'extrados, et la voûte n'est pas stable. L'ouverture n'a pas dépassé pour les ponts en pierre et en charpente 35 à 36m. Pour tracer l'arc de cercle, connaissant la montée et l'ouverture de l'arche, rien n'est plus facile. On trace, fig. 2124, une ligne ac égale à la demi-ouverture, puis une ligne bc perpendiculaire égale à la flèche que l'on veut adopter ; c'est sur cette ligne que devra se

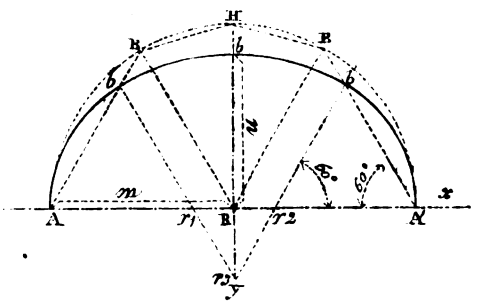


2124.

trouver le centre. Pour le rayon bo de la courbe, on remarque que les deux triangles abc, bdo sont semblables, et que l'on a, en comparant les côtés, le rapport $bo \times bc = (ab) \times \left(\frac{ab}{2}\right)$ ou $bo = \frac{(ab)^2}{2(bc)}$. Or, on connaît ab et bc, et l'on a la valeur bo en fonction de deux valeurs déterminées.

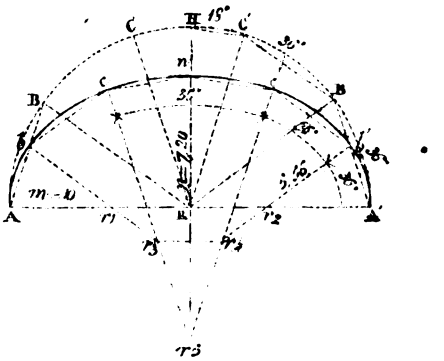
Le tracé de l'anse de panier présente plus de difficultés. En effet, cette courbe se compose d'une suite d'arcs de cercle qui se raccordent, et il est très important d'éviter les jarrets. Les courbes en anses de panier sont à 3, 5, 7, 9, 11, 13 et même 15 centres, suivant la flèche que l'on adopte. Lorsque la montée est plus grande que le 1/3 de l'ouverture, on peut se servir du tracé à 3 centres, quand elle est plus petite, il faut absolument avoir recours aux tracés à 5 ou 7 centres.

Pour le tracé à 3 centres (fig. 2125), on divise l'ouverture de l'arche en 2 parties égales AR, AR', on trace une demi circonférence sur cette ligne, on y porte 3 divisions égales, on joint ces divisions par les rayons RB, RB' et l'on trace les cordes AB, BH, HB', BA', on prend sur la ligne RH une distance Rh égale à la montée de la courbe en anse de panier ; par le point h, on mène une parallèle à BA : cette ligne



2125.

rencontre la corde AB en un point b par b ; on mène une parallèle à BR qui coupe RH en un point r^3, qui



2126.

est un des centres ; les points de rencontre r^1, r^2, sont également des centres.

L'anse de panier à 5 centres, fig. 2126, qui est la

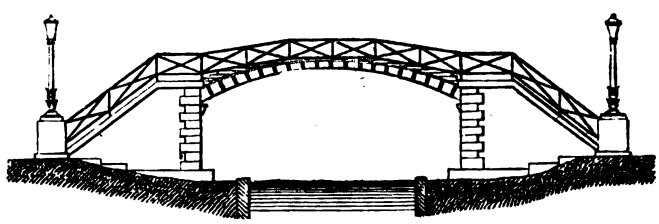
Digitized by Google

plus usitée après celle à 3 centres, se trace d'une manière analogue. On partage la demi-circonférence en 5 parties égales, on joint les différents points par les cordes AB, BC, CH, on mène les rayons à chacun de ces points ; par le point *h*, on mène une parallèle à CH, on trace une parallèle au rayon CR, et on a un centre α^5 ; on en fait autant pour les autres ce qui donne les 5 centres qui servent à tracer les arcs de cercle dont se compose la courbe en anse de panier. Telles sont les diverses formes que l'on donne aux arches de pont. Il nous reste maintenant pour compléter ces généralités à parler des ouvrages accessoires, tels que tympans, corniches, etc...

Tympans, corniches. Les tympans dans les ponts forment la partie comprise entre la retombée des deux arches, immédiatement au-dessus des piles ; ils sont, dans les ponts en pierre, quelquefois cordés circulairement de manière à permettre aux eaux de s'écouler dans les grandes crues ; mais cette disposition n'est pas bonne, elle ajoute peu au débouché, ôte d'ailleurs de la solidité à l'ouvrage, et est du reste très rarement employée. Dans les ponts, soit en charpente, soit en métal, ils doivent être également en maçonnerie afin d'éviter que les vibrations ne se transmettent dans toute la longueur du pont ; du reste nous reviendrons plus tard sur ce sujet. Les tympans sont couronnés supérieurement par un bandeau, ou une corniche, dont la forme varie suivant le goût du constructeur ; cet ornement règne dans toute la longueur du pont, et sert de base au garde-corps ou parapet. Ce parapet est lui-même en maçonnerie, si le pont est construit en pierre, et en fer ou en fonte, s'il est construit en métal ou en bois ; dans le cas où l'on emploie le fer ou la fonte, il faut avoir soin de ne pas fixer la main-courante à demeure. Dans les dés en pierre, on doit toujours laisser du jeu afin que la dilatation puisse s'opérer librement. Quant au tablier il varie suivant la nature du pont, aussi nous n'en parlerons pas quant à présent, nous nous bornerons à dire que l'accès en doit être facile, et que, par conséquent, la voie sur les culées doit être plus large que sur le pont. Apres avoir décrit d'une manière générale les travaux nécessaires à la construction des ponts, il nous reste a parler de chaque espece en particulier et des ouvrages qui s'y rattachent.

Passerelles. Les passerelles servent au passage des piétons. Comme la charge qu'elles ont à supporter est beaucoup moins considérable que dans les ponts ordinaires, elles doivent avoir le caractère de la légéreté. Quand l'ouverture sur laquelle elles sont établies n'est pas trop considérable, on se sert du bois, de la fonte ou de fer pour soutenir les arches ; quand, au contraire, elle atteint la largeur d'un fleuve ou d'une vallée, on emploie presque exclusivement la suspension, soit au moyen de câbles, soit au moyen de chaînes, parce qu'alors on n'a plus besoin de points d'appui aussi nombreux et qu'on réalise une grande économie. Les passerelles en bois consistent généralement en une longue pièce de charpente horizontale, renforcée par une sous-pente, qui est elle-même soutenue par deux pièces inclinées à 45° environ, servant a reporter la pression sur les culées qui sont toujours en maçonnerie dans ce cas. Il est très important, en raison de la poussée qui s'exerce sur ces pieces, que les bois ne puissent se pénétrer ni se pourrir ; on parvient à ce résultat en se servant de chapeaux en fonte qui ont pour effet également de relier la longuerine avec les jambes de force, il suffit même d'interposer une feuille de métal entre les deux pièces. L'une autre précaution importante est la liaison parfaite des moises horizontales superposées, on y arrive en ménageant dans chacune d'elles des entailles disposées de telle sorte, que les redents de l'une viennent s'ajuster dans les vides de l'autre. Les garde-corps sont tantôt en fer, tantôt en charpente. Quand on emploie la charpente, on peut la faire servir à la solidité de l'ouvrage, en plaçant les pièces de telle sorte qu'elles viennent buter l'une contre l'autre et former arbalétrier. On soulage ainsi la pièce principale, et l'on peut éviter une partie des moyens de consolidation dont nous venons de parler.

Au lieu d'employer le bois à la construction des passerelles on peut se servir du fer ou de la fonte, quand ces matières premières ne sont pas à un haut prix, et que l'on cherche à donner de l'élégance à l'ouvrage ; on adopte alors l'arc de cercle ou toute autre courbe qui flatte l'œil. L'établissement de ces arches rentre dans la construction des ponts ordinaires en métal. Nous nous bornerons à donner ici (fig. 2127) le dessin de la passerelle établie sur le canal Saint-Martin, près la Bastille, comme exemple très convenable. Quant aux passerelles à grande portée servant à franchir des cours d'eau considérables, elles rentrent dans la série des ponts suspendus, et nous renvoyons à cet article.



2127.

Ponceaux. Les ponceaux se construisent en charpente, en maçonnerie, et quelquefois en métal. Dans les ponceaux en charpente, le tablier qui supporte la route se compose de poutres transversales reposant sur des culées, et de madriers placés dans le sens perpendiculaire ayant une épaisseur suffisante pour soutenir les terres. Les culées sont en charpente ou en maçonnerie. Si on emploie la charpente on donne un débouché plus considérable que dans les cas ordinaires afin d'éviter les affouillements ; il est aussi convenable de relier les pièces qui supportent la poussée des terres par des liernes fixées à d'autres pièces dans la culée ; si c'est la maçonnerie on établit les pieds-droits en moellons avec chaînes en pierre de taille aux angles, et l'on fait passer le chemin sur un tablier en charpente. Dans quelques circonstances, au lieu de soutenir la route au moyen de pièces en bois, on peut se servir avec succès de poutres en fonte auxquelles on donne la forme de solides d'égale résistance. On n'a plus à craindre la pourriture engendree par l'humidité et l'entretien coûteux qui en est la conséquence. On trouve quelques exemples de cette disposition sur le chemin de fer du Nord. Le plus souvent cependant les ponceaux s'exécutent entièrement en maçonnerie : ils se composent dans ce cas de deux culées ayant 1m à 1m,30 d'épaisseur suivant la nature du terrain ; et d'une voûte en plein cintre ayant environ 0m,40 a 0m,50 à la clef ; ils sont également avec ou sans radier. Quand on n'établit pas les fondations sur un radier général, on enfonce une rangée de palplanches sur chaque rive du cours d'eau, on drague derrière et l'on établit un lit de béton d'environ 0m,80

Digitized by Google

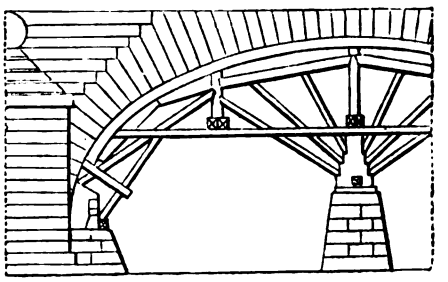
d'épaisseur ; sur ce lit on élève les pieds-droits dont les parements vus sont en moellons piqués, tandis que le reste se fait en maçonnerie de remplissage. Il en est de même de la voûte qu'on recouvre avec soin par une chappe en ciment ou en bitume ; le parement des têtes se fait toujours en pierre de taille. Quand les ponceaux n'ont pas de radier général, c'est-à-dire dans le cas où les crues ne sont pas abondantes et où l'on n'a pas à craindre l'entraînement des terres, on les termine par des murs en retour d'équerre, faits en moellons piqués, et l'on donne aux talus de la route une forme circulaire. Quand, au contraire, on a établi un radier général, et qu'on a prévu que l'eau prendrait une très grande vitesse entre les piles, on les termine par des murs en aile, en pierre de taille, afin de protéger les berges contre la force du courant. Dans tous les cas ils sont couronnés par un bandeau et munis d'un garde-corps en pierre.

Ponts à grande portée. Les ponts à grande portée peuvent se diviser en trois classes : suivant les matériaux qui entrent dans leur construction, ce sont les ponts en pierre, les ponts en bois, et les ponts en métaux ; chacune de ces catégories se distingue par des dispositions particulières, mais celles-ci ne portent guère que sur les arches, les procédés d'établissement pour les piles et culées restant toujours les mêmes, en ne s'écartant pas des règles que nous avons tracées précédemment.

Ponts en pierre. Les arches des ponts en pierre peuvent avoir toutes les formes que nous avons décrites, la plus usitée est l'arc de cercle qui permet d'avoir des quais peu élevés, et n'offre pas l'inconvénient de ces fortes pentes que l'on rencontre dans presque tous les anciens ponts. Cependant, si cette courbe présente des avantages, sous le rapport de la circulation, elle a aussi des inconvénients : la poussée étant très considérable aux naissances on ne peut donner aux pieds-droits une épaisseur suffisante pour y résister, et on est obligé de compter sur la neutralisation de ces poussées pour construire les piles ; mais alors qu'une arche vienne à se rompre et la solidité du pont tout entier est compromise. Dans les voûtes en plein cintre cet inconvénient n'existe plus, toute la poussée se reporte sur les pieds-droits ; aussi, chaque fois qu'on le pourra cette forme d'arche devra-t-elle être préférée.

Quoi qu'il en soit une voûte quelconque se compose toujours d'un nombre impair de voussoirs dirigés normalement à la courbe d'intrados et séparés par des plans de joints. Ces voussoirs ont une épaisseur de $0^m,46$ à $0^m,50$, et $1^m,50$ à $1^m,80$ au plus de queue. Leur appareillage, dans les têtes, exige le plus grand soin, car c'est dans leur arrangement et dans leur raccordement avec les assises des tympans que consiste tout l'ornement du pont. Quand la flèche de l'arc varie de 1/7 à 1/8, ce raccordement se fait facilement, attendu que tous les plans de joints font à peu près le même angle avec la verticale ; c'est ce qui a lieu au pont d'Iéna : aussi ce pont, toutes choses égales d'ailleurs, est-il un des plus élégants qui aient été construits ; nous en avons donné précédemment le dessin (fig. 2122) en parlant des cintres. Mais lorsque la courbe est une anse de panier il n'en est plus de même, l'intersection des plans de joints avec les assises horizontales est irrégulière ; on a une sorte d'escalier dont les marches augmentent continuellement en largeur ; pour parer à ce défaut on allonge la queue des voussoirs à mesure qu'on s'élève, comme il a été fait au pont de Tours. Au pont de Neuilly on n'a pas eu cet inconvénient, l'arche est surhaussée dans les plans de tête et la surface de raccordement est une surface gauche (fig. 2128) ; on a appareillé alors comme un arc de cercle.

Quand malgré toutes les précautions on ne peut éviter quelques défauts d'appareil, on les dissimule en extradossant au moyen d'un arc de cercle dont le centre est un peu plus élevé que le centre réel ; et en dessinant les voussoirs, au moyen de bossages, comme au pont de Sèvres, ou bien en extradossant parallèlement comme au pont de Rouen.



2128.

Pose des voussoirs. Jusqu'ici nous nous sommes occupés de l'arrangement des voussoirs ; il faut parler aussi de leur pose, qui a lieu de la manière suivante : on mesure sur l'épure l'abscisse et l'ordonnée de chaque plan de joint ; au moyen des repères placés sur les piles et culées, on vérifie si chaque voussoir de tête est à sa place ; pour reconnaître s'il a aussi l'inclinaison voulue, on se sert d'un quart de cercle muni d'un fil à plomb, et on voit si l'angle formé est le même que celui de l'épure. Cette précaution n'est pas la seule qui soit nécessaire pour la pose convenable des voussoirs, il faut encore charger les cintres afin de leur faire éprouver tout leur tassement ; en outre, à mesure que l'on approche de la clef, il convient de vérifier l'espace qui reste à remplir par les voussoirs, car il pourrait arriver, comme dans certains ponts, qu'il n'y eût plus assez de place pour les placer tous, ce qui forcerait à les diminuer d'épaisseur.

Décintrement. Lorsque la voûte est fermée et que les mortiers sont convenablement durs, on décintre la voûte, non seulement avec tout le soin dont nous avons parlé, à propos des cintres, mais encore en prenant la précaution de dégarnir les joints vers l'intrados afin de prévenir les épauffrures ; on enlève aussi les couchis méthodiquement, de telle sorte que la poussée ne se produise pas instantanément. Lorsqu'une arche est décintrée elle éprouve toujours un tassement ; ainsi, au pont de Neuilly, il fut de $0^m,66$, au pont d'Iéna de $0^m,12$. Il est donc très important, dans le tracé de l'épure, de surhausser le cintre afin que la voûte, dans l'état réel, se trouve à peu près à sa véritable position au-dessus des naissances.

Maçonnerie des tympans, voûtes en décharge, chappe. Aussitôt que les arches ont pris leur tassement définitif, on commence la maçonnerie des tympans et des têtes. Afin que cette maçonnerie ne charge pas inutilement le pont on ne remplit pas ordinairement les reins, on se contente de construire des voûtes en décharge qui viennent reporter leur pression sur les joints de rupture, ces voûtes sont ensuite cachées par la maçonnerie des têtes ; leur extrados doit être tangent à celui de la voûte principale : lorsque cet ouvrage est terminé ainsi que les parements-vus, on s'occupe de la pose de la chappe ; elle se fait ordinairement en chaux hydraulique et on lui donne une épaisseur de $0^m,10$; on peut aussi avec avantage se servir de bitume, que l'on étend en deux couches différentes en ayant soin que les joints se croisent. Ces deux couches ensemble ont $0^m,22$ à $0^m,24$. Après l'achèvement de ce travail il ne reste plus qu'à poser les bandeaux ou corniches, les garde-corps, et à exécuter la chaussée pavée ; travaux qui ne présentent aucune difficulté. Si le pont a une longueur considérable on ménage des orifices pour faire écouler les

Digitized by Google

eaux ; ces orifices portent le nom de gargouilles, ils sont formés de tuyaux en fonte qui traversent toute l'épaisseur de la voûte et viennent déboucher vers les reins ; on y amène toutes les eaux ; afin d'atteindre ce but, il faut avoir soin d'interposer entre la chappe et le sable du pavé un lit de gros cailloux qui permette leur écoulement.

Pour compléter ce que nous avons à dire sur les ponts en maçonnerie, il nous reste à parler des ponts destinés aux passage des canaux, des aqueducs et des viaducs. Tous ces ouvrages diffèrent très peu des précédents, aussi nous n'en dirons que quelques mots.

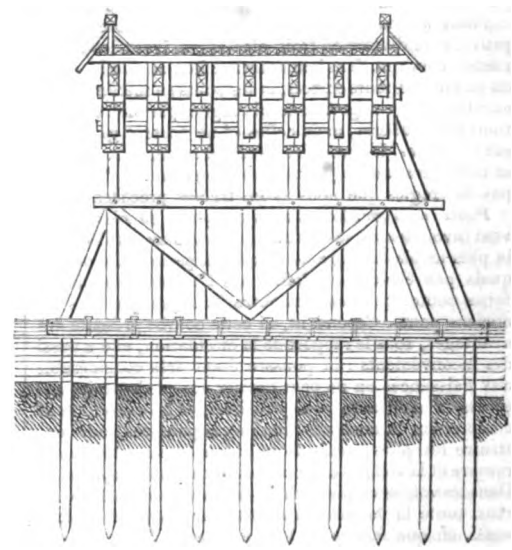
Ponts-canaux. La différence qui existe entre un pont-canal et un pont ordinaire réside dans la hauteur que l'on est obligé de donner aux parements extérieurs, afin d'avoir le tirant d'eau nécessaire au passage des bateaux, et dans les moyens qu'on emploie pour empêcher les infiltrations de l'eau à travers les voûtes. Ils sont de la plus haute importance pour le canal et pour la conservation du pont lui-même. Voici ceux qui sont les plus efficaces : On revêt les parois avec de la lave de Volvic tant sur les côtés que dans le fond, on applique dessus un enduit de bitume ; cet enduit est mis en deux couches successives. On peut aussi employer une couche de béton de $0^m,25$ à $0^m,30$, mais ce moyen n'est pas aussi efficace que le premier. Au pont-canal sur l'Allier, on s'est servi de briques mises de champ et rejointoyées avec du bitume ; le résultat de cette disposition a été satisfaisant.

Ponts-aqueducs. Les ponts-aqueducs diffèrent peu des ponts-canaux. Leurs dimensions sont moins grandes en raison du volume d'eau qui est toujours moins considérable que dans un canal ; ils sont recouverts d'une voûte, afin de les mettre à l'abri de l'influence atmosphérique.

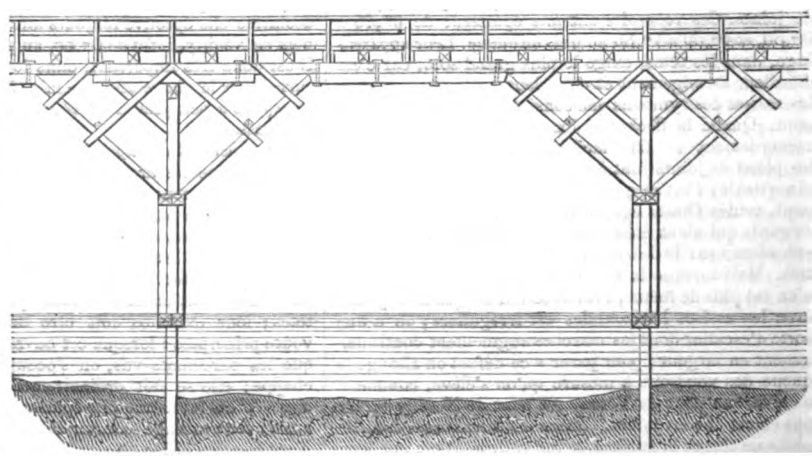
Ponts-viaducs. Quant aux ponts-viaducs, ils se rapprochent encore davantage des ponts ordinaires en maçonnerie ; ce qui les caractérise, c'est la voie ferrée qu'ils supportent, et la fondation de leurs piles qui a lieu très souvent dans le terrain ferme et sec des vallées.

Ponts en charpente. Les ponts de peu d'importance sur lesquels on prévoit que le passage sera peu actif peuvent être construits en charpente de préférence à la maçonnerie qui est toujours très coûteuse. Ils sont établis suivant deux systèmes différents, celui des travées et celui des arches.

Ponts à travées. Les travées se composent de pièces de charpente horizontales destinées à supporter le tablier du pont, et reposant sur des points d'appui également en charpente appelés palées. Ces palées sont plus ou moins nombreuses suivant la longueur des pièces qui forment la travée ; mais cette longueur ne peut jamais être bien grande, car, dans ce cas, il faudrait donner aux bois des dimensions considérables, ce qui serait coûteux. Les plus simples sont formées de pilotis reliés au-dessous du niveau de l'étiage par des moises, et à leur sommet par un chapeau ; c'est sur ce chapeau que l'on établit le tablier. Si la rivière a plus d'importance et que l'on craigne les crues d'eau et les glaces, on place en avant de la palée un brise-glace ou pièce oblique bardée de fer. Cette poutre est reliée au reste de la pile par des doubles moises horizontales et des jambes de forces inclinées dans le sens opposé à celui du brise-glace, afin de l'arcbouter. Nous donnons (fig. 2129) un exemple de palée avec brise-glace, et (fig. 2130) un fragment de pont à palée. Dans le cas où la rivière est profonde, on modifie un peu ces dispositions. Au niveau de l'étiage, on assemble avec les pilotis les pièces qui doivent supporter le tablier ; pour consolider l'assemblage, on y joint deux cours de moises horizontales superposées et boulonnées entre elles ; on peut aussi enfoncer deux rangs de pieux, les réunir au-dessous de l'étiage par des entretoises et élever dessus la palée comme à l'ordinaire.



2129.



2130.

Quand la travée ne dépasse pas 5^m, on place immé-

Digitized by Google

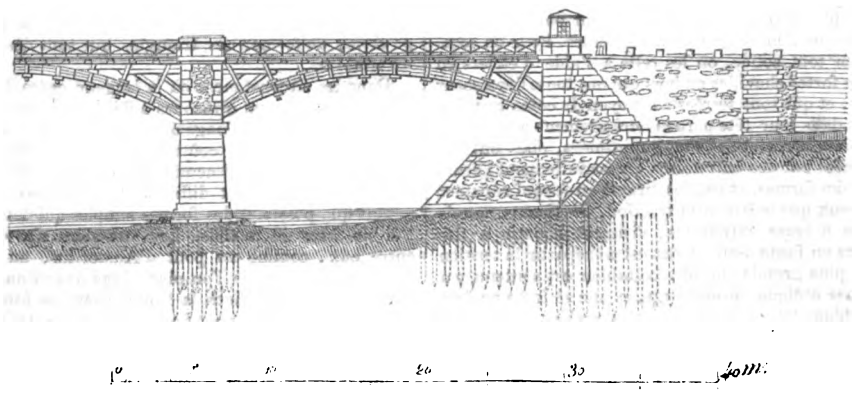
diatement les poutres sur leurs points d'appui ; si elle excède 5m et va jusqu'à 7m, on se sert de contre-fiches ou de consoles ; est-elle plus grande encore ? on fait usage de contre-fiches, de consoles et même de sous-poutres comme dans le dessin fig. 2130. Mais il faut avoir soin de relier parfaitement la poutre et la sous-poutre. Pour construire le tablier du pont, on place sur ces travées des pièces transversales. Ces poutres reçoivent les madriers qui doivent former le plancher. Dans les circonstances où le passage des voitures est considérable, le tablier en bois serait trop promptement usé ; on établit alors une couche de sable sur les madriers et un pavage ordinaire. Les garde-corps sont toujours en charpente. Tels sont les ponts à travées. Ce système, dans certains pays où le bois est à bas prix, a été poussé jusqu'à ses dernières limites. Ainsi on trouve à Schaffhouse, sur le Rhin, un pont de deux travées de 50m chacune ; sur la Kandel, près de Berne, il en existe un autre d'une portée de 50m,70. Enfin le plus surprenant de tous ces ouvrages est celui de Vettingen, sur la Limmat, qui n'a pas moins de 118m d'ouverture d'une seule portée. Il est formé d'énormes fermes reliées entre elles par des moises pendantes ; le tout est recouvert d'un toit indispensable pour mettre ces masses de charpente à l'abri de l'intempérie des saisons.

Ponts à l'américaine. En Amérique, où le bois est si abondant, on a imaginé, pour les chemins de fer, des ponts qui peuvent certainement rendre des services quand on veut éviter d'avoir un grand nombre de points d'appui. Les travées sont formées de pièces de charpente disposées en treillage et chevillées entre elles ; deux fortes fermes suffisent pour supporter le tablier sur lequel sont placés les rails. Cette disposition massive n'est pas applicable dans les villes où l'on tient au coup d'œil et à l'élégance ; aussi a-t elle été un peu modifiée. Les treillages ont été remplacés par une suite de croix de Saint-André reliées par des longuerines ; mais ces fermes ont le défaut de se déformer. Nous ne nous étendons pas sur ce sujet auquel un article spécial doit être consacré (voyez PONTS AMÉRICAINS).

Ponts en charpente en arc de cercle. Nous avons vu que les travées en charpente nécessitaient des points d'appui nombreux qui occasionnent de la gêne dans la navigation, on a paré à cet inconvénient en formant des arches en bois courbes qui ont une plus grande portée que celles des ponts ordinaires en charpente. Ces nouveaux ponts, dont le premier a été construit en France dans le département de l'Ain, ont pris une grande extension en Allemagne, puis ensuite en France ; ils sont, en général, d'une assez bonne durée ; mais il ne faut pas porter la flèche de leurs arcs à moins de 1/8 de l'ouverture, comme il a été fait dans un grand nombre de ponts étrangers qui n'ont pas résisté. Parmi ceux qui ont été exécutés avec le plus de soin, nous citerons le pont d'Ivry (fig. 2131), sur la Seine, construit par M. Emmery, et dont nous allons donner une description sommaire. Les arches ont 22m,50 d'ouverture pour une flèche de 3m,48. Elles sont composées de pièces de bois courbes au nombre de trois, formant en tout une épaisseur de 0m,75 aux naissances et 0m,70 au sommet : elles sont reliées, d'une part, au moyen d'étriers en fer boulonnés à la partie supérieure, afin que l'on puisse serrer les écrous si le bois se dessèche, de l'autre par les moises pendantes qui n'ont pas seulement pour but d'opérer un serrage convenable, mais qui servent à transmettre aux arcs le poids du tablier ; elles sont doubles afin d'embrasser les arcs et les pièces de pont. Au-dessus et au-dessous de leur assemblage avec l'arc, elles portent des entailles inclinées qui reçoivent les longuerines, reliant les fermes entre elles ; deux longuerines entourent chaque moise pendante et sont assemblées entre elles par un boulon que l'on serre à volonté ; lorsque l'on effectue le serrage, elles glissent sur les entailles obliques et viennent reporter tous leurs efforts sur les arbalétriers courbes. Les moises pendantes ne sont pas les seules pièces sur lesquelles repose le poids du tablier ; il y a aussi à chaque pile et à chaque culée des consoles munies de jambes de force et fortement fixées dans la maçonnerie au moyen de tirants en fer qui descendent profondément dans la pile. Le tablier se compose des pièces de pont ou poutres longitudinales supportées par le sommet de l'arc, les moises pendantes et les consoles ; de poutres transversales reposant sur les pièces de pont ; et de madriers qui reçoivent immédiatement le poids des voitures. Il est supporté par sept fermes reliées non seulement par des longuerines, mais aussi par des pièces obliques qui empêchent les vibrations ; au-dessous des madriers, on fixe une croix de Saint-André en fer, qui donne encore plus de liaison au système. Les balustrades sont en fer, afin d'obtenir plus de légèreté.

Le plancher sur lequel passent les voitures est, dans les ponts en charpente, une cause fréquente de réparations ; il doit donc attirer l'attention du constructeur. Si la circulation est peu active, les madriers de chêne sont applicables ; mais quand elle devient importante, il est indispensable d'établir le sol soit en matériaux résistants, soit en pavés. Une disposition efficace consiste à revêtir les madriers de feuilles métalliques et d'exécuter dessus un empierrement.

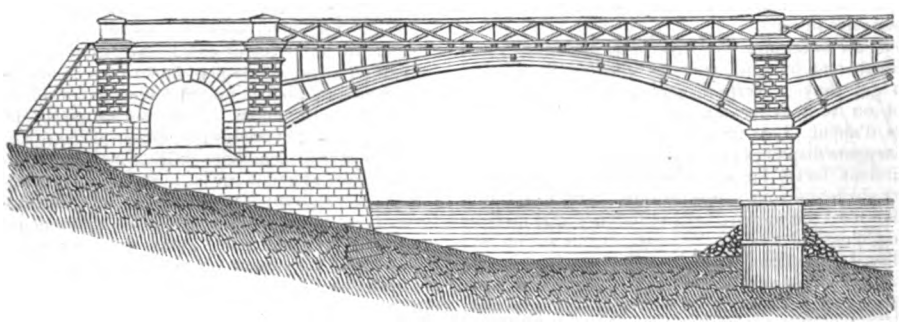
Tous les ponts en charpente en arc de cercle n'ont pas été construits suivant la méthode que nous venons d'indiquer. Dans quelques-uns, comme à l'ancien pont



2131.

Digitized by Google

de Choisy-le-Roi, les piles, au lieu d'être entièrement en maçonnerie, ne sont construites ainsi que jusqu'aux naissances. Cette disposition est vicieuse, elle doit être évitée à cause des oscillations qui se transmettent d'un bout à l'autre du pont. D'autres fois, au pont d'Asnières, par exemple, construit par M. Navier, les moises pendantes, au lieu d'être normales aux arches, sont perpendiculaires au plan de la rivière. La pression qui s'exerce sur elles tend alors à les faire glisser sur les arcs en charpente et à détruire les assemblages. Dans le cas particulier des ponts de chemins de fer où les vibrations sont très fortes, il est certaines règles à observer. Les rails ne doivent pas être attachés immédiatement sur le pont, ce qui occasionnerait des ébranlements considérables ; ils doivent toujours être séparés du tablier par une forte couche de sable dont le double but est d'amortir les vibrations et d'éviter les incendies ; il est aussi très convenable de relier les moises pendantes par des croix de Saint-André qui donnent plus de liaison à l'ensemble de la charpente. Sur le chemin de fer de Rouen, dans les différents ponts, entre autres à Oissel (fig. 2132), au



2132.

lieu de former les arches d'arbalétriers courbes qui sont difficiles à plier, on a fait usage avec succès de madriers qui sont plus économiques, et reçoivent plus facilement la forme que l'on veut leur faire prendre. Pour en composer un tout solide, on les relie à l'aide d'étriers en fer et de fortes chevilles en bois qui ont toute l'épaisseur de l'arc, et qui sont serrées au moyen de coins que l'on enfonce dans leur tête perpendiculairement aux fibres. Les moises horizontales sont supprimées, elles ont été remplacées par des entretoises qui maintiennent l'écartement des fermes, et par des tirants en fer qui résistent bien mieux que le bois à la traction. Ces tirants, munis d'écrous à leurs extrémités, viennent aboutir à des boucliers en fonte dont le but est de répartir la tension sur une plus grande surface. Le tablier est soutenu par une pièce oblique en décharge, et une série de poutres s'assemblant avec elle et avec les arches, auxquelles elles sont normales. Quelle que soit celle de ces dispositions à laquelle on s'arrête, il convient de revêtir les bois d'une couche de peinture, et surtout de faire reposer l'about des arcs sur des coussinets en fonte, qui permettent à l'air de circuler et évitent le séjour de l'eau. Cette partie supportant toute la poussée du pont, il est de la plus haute importance qu'elle ne se pourrisse pas. Entre chaque madrier, on a le soin d'interposer des feuilles de carton goudronné.

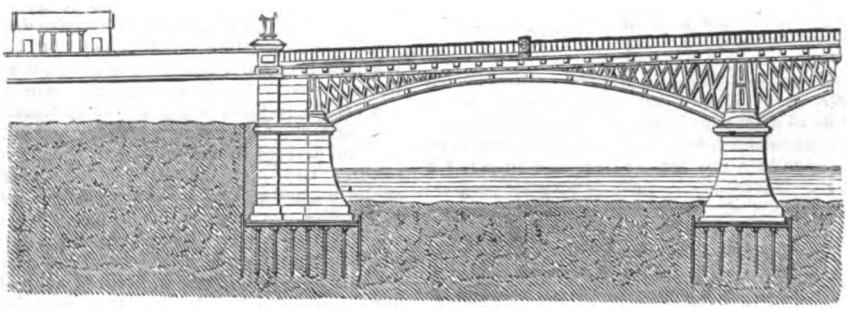
Ponts en métal. Les ponts que nous avons examinés jusqu'ici présentent divers inconvénients. Ainsi ceux en maçonnerie étant extrêmement pesants, exigent des fondations très massives et des arches d'une ouverture assez restreinte ; en outre, ils coûtent fort cher. Ceux en charpente, tout en exigeant moins de dépenses lors de l'établissement, nécessitent un entretien coûteux, qui est égal à environ un dixième du prix de construction ; en sorte qu'on est forcé au bout de peu d'années de les reconstruire entièrement. C'est par ces motifs qu'on a substitué à la pierre et au bois, la fonte, qui permet de donner plus de légèreté, plus d'ouverture aux arches, et qui exige moins d'entretien.

Les ponts en fonte peuvent être formés d'arcs rigides ou de voussoirs. Lorsqu'on a une faible ouverture à franchir entre les piles, on fait choix généralement d'arcs rigides, composés de deux portions d'arc de cercle qui s'assemblent au sommet de la voûte au moyen de boulons et de plaques additionnelles, et reposent sur la maçonnerie au moyen de patins ou supports pour les retombées. Ces arcs principaux reçoivent quelquefois des arcs en décharge qui soutiennent le tablier du pont ; c'est la disposition adoptée au pont des Arts. Il est très important, dans ce système d'arcs rigides, que les assemblages ne se fassent qu'au sommet, car s'il y avait plus de deux pièces, les points de jonction formeraient des articulations qui pourraient nuire à la solidité de l'ouvrage ; on tâche, autant que possible, de former des triangles qui sont des figures invariables.

Dans les circonstances où la largeur entre les piles est considérable, on a recours à des voussoirs en fonte, dans lesquels on a ménagé des vides, afin de les rendre plus légers et moins coûteux. On a soin d'éviter de donner de grandes dimensions, parce que le coulage des grandes pièces est difficile. Il faut aussi choisir, autant que possible, des formes simples qui demandent peu de frais de modèle. Les voussoirs s'assemblent entre eux, comme au pont d'Austerlitz, au moyen d'équerres en fer que l'on place dans des rainures ménagées à cet effet dans la fonte. D'autres fois on les assemble, comme au pont de Sunderland en Angleterre, au moyen d'une barre en fer que l'on chasse dans des rainures venues à la fonte de chacun des voussoirs. Au pont de Tewkesbury, M. Telfort a formé les arches de pièces de fonte évidées ayant la forme d'arcs : elles ont environ 6m,70 de longueur sur 1m de hauteur. Ces arcs sont boulonnés entre eux et réunis par des croix de Saint-André également en fonte qui supportent le tablier. De tous les ponts en fonte construits jusqu'à ce jour, celui qui réunit à un plus haut point l'élégance et la solidité est sans contredit le pont du Carrousel, contruit par M. Polonceau. Les arches sont formées de demi tuyaux portant des brides en dessus et en dessous et boulonnées. Des clavettes en acier ser-

Digitized by Google

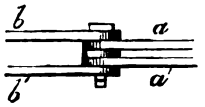
vent à assurer la juxta-position des segments, à bander les arcs et à les dresser. Quant au vide intérieur du tuyau, il est rempli par du bois de sapin préparé de manière à prendre sa forme. Les tympans sont remplis par des cercles en fonte dont le diamètre va en décroissant, depuis la pile jusqu'au sommet. Sur ces cercles sont posés les longerons qui soutiennent le tablier du pont. Les fermes sont consolidées au moyen de tirants en fer et de tuyaux en fonte qui en maintiennent l'écartement. Elles sont contreventées par des pièces en fonte ayant la forme de bielles et placées obliquement, de façon à ce qu'elles viennent buter les unes contre les autres. La chaussée en empierrement est supportée par un plancher qui ne diffère pas de ceux en charpente dont nous avons parlé. Nous ne donnons pas la figure des ponts dont nous venons de parler, parce qu'ils sont généralement connus. Nous donnons (fig. 2133) le pont sur le Lary en Angleterre.



2133.

PONTS SUSPENDUS. Les ponts suspendus se composent de câbles ou chaînes en fer tendues d'une rive à l'autre, supportant, au moyen de tiges de suspension, un tablier qui donne passage aux piétons et aux voitures. Ces sortes de ponts ne datent guère que de trente ou quarante ans, et cependant il y en a un grand nombre tant en France, que dans les autres contrées de l'Europe; c'est qu'en effet les avantages qu'ils présentent, sous le rapport de l'économie et de la facilité d'établissement, sont incontestables.

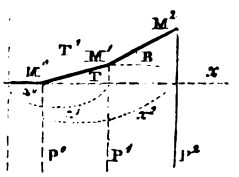
Chaînes. Les chaînes sont plus usitées en Angleterre qu'en France : elles sont formées de barres de fer forgé, reliées entre elles par des boulons. Si l'on n'a qu'une seule barre à assembler avec une autre, on unit les deux maillons au moyen de plates-bandes et de goujons. Si l'on a quatre maillons, on rapproche l'un de l'autre les maillons intérieurs *a*, *a'* (fig. 2134), en les séparant toutefois par une tige de suspension, et l'on place les deux autres maillons *b*, *b'*, extérieurement, de part et d'autre des deux premiers; le tout est relié par un boulon. Le forgeage de ces pièces exige une grande surveillance; car si elles présentent quelques défauts, elles se rompent et peuvent occasionner la chute du pont; aussi préfère-t-on maintenant en France les câbles en fils de fer, qui sont plus faciles à fabriquer et d'un emploi plus sûr.



2134.

Câbles. Le plus généralement, pour former un câble, on se sert de fils de fer n° 18 que l'on enroule en écheveaux autour d'une croupière, en ayant soin de leur donner à tous la même longueur, afin que, par la suite, ils supportent une tension égale; on les relie ensuite, de distance en distance, au moyen de fils recuits que l'on tourne autour d'eux et qui portent le nom de ligatures.

Une question des plus importantes dans ces sortes de ponts, c'est de donner aux câbles une section suffisante pour qu'ils supportent, sans chance de rupture, le poids du tablier ou des fardeaux accidentels qui peuvent se présenter. Voici quelques-uns des calculs qui y conduisent. Et d'abord il s'agit de connaître la courbe qu'affecte un câble tendu d'une rive à l'autre. On peut le considérer comme formant un système funiculaire (fig. 2135) s'articulant aux points M_0 M_1 M_2; si nous considérons le point M_0, nous remarquerons qu'en ce point nous avons trois forces : une tension horizontale Q, un poids P_0 et une tension T_1 du côté M_0 M_1. Or, il faut que leurs composantes se détruisent pour que le système soit en équilibre : appelons x_0, x_1, x_2, les abscisses; y_0, y_1, y_2, les ordonnées; p, le poids par mètre du tablier. On a pour la composante verti-



2135.

cale $P_0 = p\,x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2} = \frac{p}{2}(x_0 + x_1)$; égalant les composantes horizontales, nous aurons $Q = T_1 \cos.\,\alpha = T_1 \frac{(x_1 - x_0)}{M_0 M_1}$; égalant les composantes verticales, on a $\frac{p}{2}(x_1 + x_0) = T_1 \sin.\,\alpha = \frac{T_1 y_1}{M_0 M_1}$; divisant ces deux équations l'une par l'autre et réduisant au même dénominateur, nous aurons $y_1 = \frac{p}{2Q}(x_1^2 - x_0^2)$. Pour un point quelconque, on aurait $y = \frac{p}{2Q}(x^2 - x_0^2)$, équation d'une parabole. Si on fait $x_0 = o$, le côté M_0 M_1 aboutit au sommet, et l'équation de la courbe formée par le câble devient $y = \frac{p}{2Q} x^2$ (A). Il s'agit maintenant de voir comment on applique cette formule. Dans la pratique, on connaît l'ouverture d du pont et où se donne la flèche f, la formule (A) devient alors $f = \frac{p}{2Q}\frac{d^2}{4}$ (B). Ti-

Digitized by Google

rant la valeur $Q = \frac{p\,d^2}{8\,f}$ et substituant cette valeur dans (A), on a $y = \frac{4\,f}{d^2}\,x^2$. Cette formule servira à tracer exactement la courbe en donnant différentes valeurs à x et prenant celles de y correspondantes; c'est encore à l'aide de cette formule que l'on peut déterminer la longueur des tiges de suspension. Pour connaître la tension exercée sur les câbles et en déduire la section convenable, cherchons la tension du dernier côté, en supposant qu'il soit assez petit pour se confondre avec la tangente à la parabole, nous aurons, T étant la tension horizontale :

$$Q = \frac{T\,\frac{d}{2}}{\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4\,f^2}}$$

ou remplaçant Q par sa valeur trouvée tout à l'heure, et résolvant par rapport à T,

$$T = \frac{p\,d}{4\,f}\sqrt{\frac{d^2}{4} + 4\,f^2}\ (C).$$

Or, on sait qu'en moyenne la limite de résistance du fil de fer est de 60 à 80^k par millimètre carré de section, et de 45 à 50^k pour le fer en barres. On a reconnu en outre, par des expériences, que quand une tige en fer était soumise à une tension comprise entre le 1/8 et le 1/4 de la force absolue, elle s'allongeait progressivement jusqu'à ce qu'elle se rompît; il ne faudra donc faire porter au fil de fer que 18^k, et pour le fer en barres, que 12^k par millimètre carré. Dans la formule (C), il faut compter, avec le poids du tablier, la surcharge d'épreuve qui est de 200^k par mètre carré. Il est également important de connaître la longueur de la chaîne, ainsi que celle des tiges de suspension; elle est donnée pour la chaîne en appelant S cette longueur par la formule $S = d\left(1 + \frac{8}{3}\frac{f^2}{d^2}\right)$. Quant à celle au moyen de laquelle on calcule la longueur des tiges, deux cas se présentent. Si on a une tige au sommet de la courbe, on se servira de la formule $\frac{4\,f\,l^2}{6\,d^2}\,n(n+1)$ $(2\,n+1)$, dans laquelle n est le nombre de tiges pour la moitié du pont. S'il ne se trouve pas de tige au sommet, la somme des longueurs sera $\frac{4\,f\,l^2}{6\,d^2}\,(2\,n-1)$ $(2\,n-2)\ (2\,n+1)$.

Tiges. Les tiges qui soutiennent le tablier sont tantôt en fer forgé, tantôt en fil de fer. Quand la courbe est formée d'une chaîne, les tiges sont en fer; elles sont reliées aux pièces transversales ou pièces de pont, qu'elles traversent de part en part au moyen d'un écrou; on peut aussi faire usage d'un étrier en fer, et, dans le cas où la pièce de pont est formée de deux parties, on fait passer la tige entre les deux, et l'on se sert d'un sabot ou d'un étrier. Dans le cas où le tablier est supporté par des câbles, on se sert de tiges forgées ou de fils de fer assemblé comme les câbles. Ils transmettent le poids du tablier par des coussinets en fonte, et soutiennent les pièces de pont par des espèces de colliers qui ne sont autre chose que le prolongement de la tige elle-même; quelquefois cependant ces colliers sont en fer. L'emploi des câbles et tiges en fil de fer oblige à prendre certaines précautions pour empêcher l'oxydation; elles consistent dans l'immersion des fils dans l'huile de lin avant leur fabrication, et dans l'application de plusieurs couches après la pose.

Tablier. Le tablier dans les ponts suspendus, consiste en poutres transversales ou pièces de pont soutenues aux deux bouts par les tiges de suspension et espacées entre elles de 1^m,25 à 1^m,50. Elles sont reliées par les longuerines formant le trottoir (fig. 2136) et fort



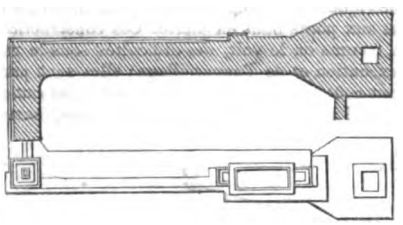
2136.

souvent même par un autre cours de pièces longitudinales placées sous le tablier. Cette liaison des pièces de pont entre elles est très importante; elle a pour but d'éviter les ondulations produites par le passage des voitures en répartissant leur poids sur un plus grand nombre de tiges. Le plancher est formé de forts madriers placés dans le sens perpendiculaire à celui des pièces de pont, et espacés entre eux de 0^m,05 à 0^m,08. Une précaution utile à prendre, consiste à employer des étriers en fer qui servent à assembler la longuerine avec la pièce de pont, et donnent plus de rigidité au système. Après les longuerines viennent, dans le sens transversal, les planches qui devront former le sol sur lequel circulent les voitures. Le trottoir s'établit avec des madriers placés sur les longuerines dont nous avons parlé en premier lieu qui l'exhaussent au-dessus de la chaussée; il est bordé par un garde-corps que l'on utilise en l'employant à la consolidation du pont. Pour cela on donne aux pièces qui le composent la forme de croix de Saint-André venant buter les unes contre les autres; elles s'assemblent à leur sommet dans une pièce longitudinale qui sert de main courante, et à leur base dans la longuerine qui supporte le trottoir. La main courante est en outre reliée de distance en distance par un tirant en fer, qui l'unit davantage avec les croix de Saint-André et forme de cet ensemble un tout solide. Quelquefois les croix de Saint-André, au lieu de s'assembler dans le bois lui-même, viennent s'encastrer aux abords dans des sabots en fonte auxquels sont attachés les tirants en fer; dans ce cas il faut avoir soin de bien calfater le sabot inférieur, afin que l'eau ne puisse y séjourner, et pourrir le bois. En général on doit éviter les garde-corps en fer, surtout pour les ponts dont le passage est actif. Le fer n'a pas assez d'élasticité pour résister aux ondulations; il se déforme quand il ne se rompt pas. Pour que le tablier du pont ne se soulève pas aux abords des piles et culées, on a la précaution de soutenir les longuerines au moyen de corbeaux ou sous-poutres que l'on relie, d'une part à la charpente avec des étriers en fer, et de l'autre à la maçonnerie par un fort encastrement et des tirants en fer, profondément engagés.

Culées. Les ponts suspendus, comme les autres ponts, exigent la construction de piles et de culées, mais leur disposition présente des différences importantes. En effet les culées ne supportent plus, comme à l'ordinaire, une pression, elles ont au contraire à résister à une traction qui doit être contrebalancée par leur poids. Les piles également, en raison de la hauteur des points d'appui qu'elles doivent fournir, ont des dispositions particulières. Le plus souvent, les câbles ou chaînes de suspension, passent sur des piliers ou sur des bielles élevées sur les culées, et s'infléchissent en faisant un angle égal à celui de la tangente à la courbe: ils prennent alors le nom de câbles ou chaînes de retenue. Arrivés au sol ils s'infléchissent de nouveau, s'introduisent dans le massif au moyen d'ouvertures appelées cheminées et y sont fixés définitivement dans les puits ou chambres souterraines, dans lesquels sont

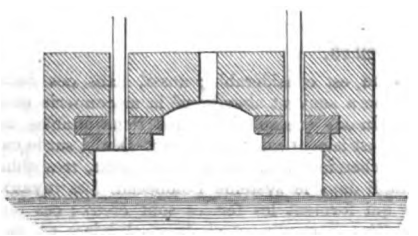
Digitized by Google

établis les systèmes d'amarrage. Ces massifs doivent être calculés de façon que l'effort qui tend à soulever soit moindre que la composante de son poids dans la direction de cet effort, et que la composante horizontale de la tension soit moindre que le produit du poids de la maçonnerie par le coefficient de frottement 0,76. Si la chaîne, après son inclinaison, est perpendiculaire, on donne au massif 1 mètre cube pour 1000ᵏ de tension. Pour former le massif de retenue on réunit la culée par des murs en retour d'équerre que l'on fait servir à supporter la traction (fig. 2137). Une bonne disposition con-



2137.

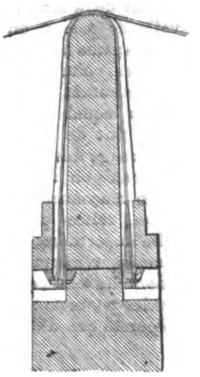
siste à réunir les puits par une voûte en arc de cercle dont les retombées aboutissent aux puits d'amarrage, et viennent ajouter à la stabilité par leur poids et par celui des terres que supporte la voûte. Les câbles sont retenus dans les puits par de forts goujons en fer qui passent dans les croupières et s'appuient sur une plaque de fonte solidement encastrée dans la maçonnerie (fig. 2138).



2138.

Il est important que le point d'inflexion se fasse au dessous du sol afin que les assises de pierre ne glissent pas les unes sur les autres entraînées par la tension, à moins cependant que l'on appareille les pierres en voûte. On doit aussi prendre garde que la résultante au point d'inflexion ne sorte pas de la culée. Quand l'amarrage est terminé, on remplit les cheminées de chaux pour conserver le fer et on recouvre leur orifice d'une dalle en pierre ou en fonte. On ménage toujours une ouverture qui permet de descendre dans le puits et de visiter les points d'attaches. Dans certaines circonstances; si le sol est très résistant, on n'a plus besoin d'élever un massif en maçonnerie pour faire équilibre à la tension, on se contente d'assujettir les câbles dans le sol lui-même au moyen de voûtes renversées. C'est ce qui a eu lieu au pont de Fribourg.

Piles. Les piliers se construisent tantôt en maçonnerie, tantôt en fonte. Lorsqu'ils sont en maçonnerie ils ont la forme de portiques plus ou moins ornés de colonnes ou de pilastres. Les câbles peuvent y être attachés ou ne faire qu'y reposer. Quand ils y sont fixés on fait usage d'un chevalet en fonte avec patin, muni de 4 forts tirants en fer, qui descendent jusque dans le bas de la pile, où ils sont scellés; ce chevalet porte un fort goujon en fer forgé auquel sont assujettis les câbles. On peut aussi faire passer les câbles de chaque côté du pilier en les courbant, et les amarrer dans

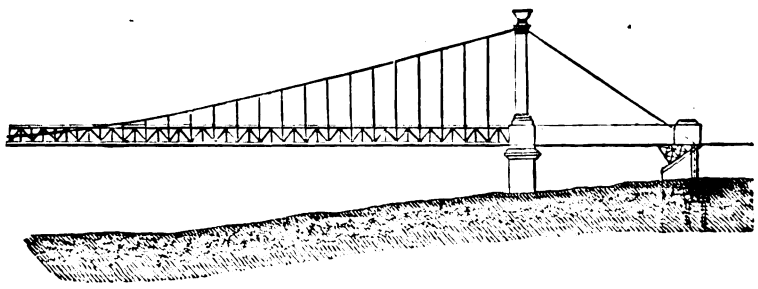


2139.

la pile; alors la pile joue réellement le rôle de culée et porte ce nom. Nous en donnons un exemple fig. 2139. Dans tous les cas, il faudra calculer l'épaisseur de la maçonnerie, en prenant le moment de la composante horizontale, appliquée au sommet du pilier et l'égalant au moment de la résistance, qui est le poids du pilier et de la pile, appliqué au centre de gravité. Si le câble ne fait que reposer sur la pile, on le supporte au moyen d'un chariot, ou système de rouleaux en fonte, reliés entre eux, qui a pour but de permettre le glissement des câbles et une répartition de la charge. Afin d'éviter l'emploi des piliers en maçonnerie qui sont coûteux et obstruent quelquefois la vue, on a souvent imaginé de se servir de la fonte à laquelle on donne la forme de bielles ou de colonnes : quand on les voit de face elles ont la configuration des solides d'égale résistance; latéralement, elles ont une forme trapézoïdale dont le plus grand côté est à la base, afin qu'elles aient plus de stabilité; leur hauteur est de 2ᵐ,75, et leur largeur à la base 0ᵐ,92. Elles sont terminées au sommet par une partie circulaire, afin que le câble vienne s'y étendre en s'aplatissant et ne se courbe pas brusquement, ce qui pourrait occasionner des ruptures dans les fils. La partie inférieure a la forme de couteau et est placée dans un coussinet en fonte, de telle sorte que la bielle peut prendre un mouvement d'oscillation; le tout repose sur un socle en pierre. Telle était la disposition adoptée au pont de Bry. D'autres fois, comme aux ponts de Saint-Denis, de Triel, on donne à la fonte la forme d'une colonne terminée par un couteau à sa partie inférieure et par un chevalet et un fort goujon au sommet. Au pont de Cubzac on a dissimulé le fût de la colonne sous une base rapportée. Lorsque l'on fait usage de supports en fonte dans des ponts qui ont plusieurs travées, il est indispensable de les rattacher aux piles ou culées au moyen d'un hauban, ou câble oblique qui part du sommet et se fixe dans la maçonnerie, comme les câbles de tension. En effet, il pourrait arriver qu'une de ces travées fût chargée de poids considérables, tandis que l'autre ne le serait que fort peu, alors elle serait soulevée et la colonne prendrait des oscillations nuisibles à la solidité du pont, si même elle n'était pas renversée. Une autre innovation, qui n'est pas moins bonne que la première, consiste à employer du fer pour former les pièces de pont auxquelles on donne la forme de solides d'égale résistance. Elles sont composées de barres de fer cintrées et réunies entre elles par des tirants et des pièces obliques, qui empêchent leur déformation; elles n'ont pas l'inconvénient de fléchir et ne sont pas sujettes à se pourrir comme les pièces de pont en bois qu'il est difficile de remplacer. M. Chaley a employé pour poutrelles des tuyaux ou cylindres en fonte qui ont complétement réussi. Pour terminer ce qui regarde les ponts suspendus, il nous reste à dire un mot de ceux qui sont les plus remarquables. Le pont de Fribourg, qui tient le premier rang, n'a qu'une seule travée de 265ᵐ, nécessités par la profondeur de la vallée sur laquelle il est établi. Ses chaînes sont supportées par des portiques de 20ᵐ de hauteur et de 5ᵐ d'épaisseur; elles viennent ensuite s'attacher dans le roc de la façon que nous avons indiquée déjà. Ce pont, d'une construction si hardie et si élégante, n'offre peut-être

Digitized by Google

pas assez de rigidité dans son tablier qui ondule au passage des voitures. Au pont de Menay, en Angleterre, qui est élevé d'au moins 30m au-dessus de la mer, afin de permettre aux bâtiments à voile de passer, on a tendu 4 chaînes qui forment 3 travées; une au milieu pour les piétons et 2 latérales pour les voitures. Les piles sont en outre évidées afin d'alléger autant que possible la maçonnerie, car le terrain sur lequel on avait à fonder était très mauvais. Il a été fait de même à Cubzac, où l'on avait également le passage des navires et, en outre, une largeur de 500m, mais on a adopté 5 travées; les piliers au lieu d'être en maçonnerie sont en fonte, ayant la forme de colonnes, reliées par des haubans. Parmi les ponts de moindre importance, mais qui sont néanmoins d'une construction remarquable, nous citerons le pont de Genève dont les chaînes ont été placées en dessous du tablier, les ponts de Saint-Denis, construits avec autant de légèreté que d'économie, en deux travées chacune supportée par une colonne en fonte, munie de haubans; le pont de Triel et de Brie sur Marne, où l'on a fait usage de bielles en fonte. Les supports de ce dernier pont sont peut-être un peu faibles au sommet et il est à craindre qu'ils ne nuisent à la solidité de l'ouvrage. Enfin, nous donnons les dessins du pont de Curel sur la Marne (fig. 2140), où l'emploi de la fonte a permis de réaliser une grande économie sans nuire cependant à la solidité.



2140.

Ponts biais. Jusqu'ici nous n'avons parlé que des ponts établis perpendiculairement au cours d'eau ou aux routes qu'ils étaient destinés à franchir, mais il arrive souvent dans les tracés de chemin de fer et les canaux, que l'on est conduit à établir un pont biais par rapport aux obstacles que l'on rencontre; alors on adopte un appareil particulier qui varie suivant la nature des matériaux que l'on a à sa disposition. On pourrait bien, il est vrai, former la voûte biaise d'une série de petites voûtes droites qui reporteraient toute la poussée dans le sens parallèle au chemin ou au canal, mais cette disposition, désagréable à l'œil, ne permettrait pas de relier suffisamment entre elles les différentes zones dont l'ouvrage serait composé. Si l'on a des briques pour matériaux, on commence par faire l'épure des têtes du pont, qui sont toujours en pierre de taille. On figure également en plan la projection de ces têtes, ainsi que les pieds-droits et la tête d'aval, puis on développe la surface de douelle sur laquelle on trace les voussoirs. Cette douelle est terminée par deux courbes dont on joint les extrémités par une droite; par chacun des points de division des voussoirs on mène des normales à cette droite, et ce sont elles qui doivent former les lignes suivant lesquelles passent les plans de joint. Cette construction graphique terminée, on ramène sur l'épure primitive, en plan et en projection, chacune de ces lignes de douelle, et on a la position de chaque assise. Pour construire une voûte de ce genre, il est nécessaire d'enduire le cintre d'une aire en plâtre et d'y tracer les plans de joint d'après l'épure, afin que les maçons n'aient plus qu'à les suivre. Comme il arrive que les voussoirs, aux naissances, se terminent en pointe aiguë capable de se casser par la pression, on établit sur toute la longueur une assise de pierres de gros échantillon taillées à redans; on fait en sorte aussi que les assises répondent sur les têtes aux divisions des voussoirs. Malgré toutes ces précautions et tous les soins qu'on peut apporter dans cet appareil, appelé héliçoïdal, les voussoirs inférieurs glissent les uns sur les autres et les lignes de douelles ne sont jamais perpendiculaires aux plans des têtes, aussi a-t-on cherché une autre disposition plus convenable, dont nous dirons seulement quelques mots. On trace toujours le développement des têtes d'amont et d'aval, mais toutes les lignes de douelles y sont normales, ainsi qu'aux plans de joints parallèles à ces têtes. Ces lignes, appelées trajectoires orthogonales, se tracent sur la douelle développée d'abord, puis sont ramenées sur l'épure au moyen de constructions géométriques. Tels sont les principaux appareils applicables aux ponts biais en pierre. Ces constructions offrent, comme on le voit, des difficultés sous le rapport de l'exécution et de l'appareillage; elles sont par conséquent coûteuses, et, quoi qu'on fasse, elles ont moins de solidité que les autres ponts en pierre, surtout si l'obliquité est considérable; aussi, dans ces derniers temps, on a souvent abandonné la maçonnerie pour la fonte. Un des exemples les plus remarquables de ce système est le pont construit à Saint-Denis, sur le canal, pour le chemin de fer du Nord; ce pont, très oblique, est établi dans le système Polonceau. Les tuyaux en fonte qui forment les fermes sont creux; ces fermes sont reliées entre elles et rendues solidaires au moyen de châssis en fonte et de tirants en fer. Le tablier est supporté par des cercles en fonte comme au pont du Carrousel.

Ponts mobiles, bacs. Les ponts fixes ne sont pas toujours applicables sur les rivières et sur les canaux, quand les rives sont basses et qu'on ne peut pas les élever, ou que les besoins de la navigation s'y opposent. Si le passage est peu important, on fait usage de bacs ou bateaux de 6 à 10 mètres, que l'on conduit soit à l'aide d'une corde fixée en travers de la rivière, soit à la rame. Dans le cas où l'on craint que cette corde ne gêne le passage des navires à voiles, on fixe au milieu de la rivière un câble, que l'on supporte de distance en distance par des bateaux, et auquel est attaché le bac; suivant la position du gouvernail, le courant lui imprime un mouvement de droite ou de gauche, et lui fait décrire ainsi un arc de cercle d'une rive à l'autre.

Ponts de bateaux. Si la circulation est plus active, on a recours aux ponts de bateaux. Ils consistent en un plancher avec garde-corps en bois, porté par une suite de bateaux liés entre eux par des poutrelles. Lorsque l'on veut donner passage à la navigation, on fait passer sur le côté un ou deux bateaux, que l'on dirige avec le gouvernail, et on les replace ensuite dans leur position primitive. Le plan incliné qui donne accès au tablier du pont doit être mobile et suivre les crues du cours d'eau. Le plus souvent les ponts mobiles sont établis sur des canaux, et alors on se sert pour les franchir de ponts-levis, ponts glissants et ponts tournants.

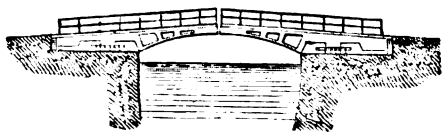
Digitized by Google

Ponts-levis. Les ponts-levis sont formés d'un tablier mobile autour d'un axe, mû au moyen d'un châssis en bois auquel sont attachées deux chaînes : l'une qui soulève le tablier, l'autre au moyen de laquelle on imprime au châssis un mouvement de rotation. On ne les emploie que pour des ouvertures de 4 à 5 mètres, quand ils n'ont qu'une seule volée, et pour des ouvertures de 8 à 10 mètres, quand ils en ont deux. Dans les places de guerre les ponts-levis sont à une volée. Généralement on profite des murs pour y établir les appuis. On les soulève au moyen de contre-poids suspendus à l'extrémité de la chaîne, qui s'enroule sur une poulie. A mesure que le tablier se soulève les contre-poids viennent poser sur un plan, mais il en reste toujours assez pour faire équilibre au tablier dans la position qu'il occupe. On peut aussi se servir de la chaîne elle-même, à laquelle on donne une pesanteur convenable ; on l'attache à un point fixe, de façon qu'à mesure que le pont se lève il reste toujours une portion de cette chaîne capable de faire équilibre à la partie soulevée.

Le tablier n'est pas toujours mû de la même façon. Dans certains cas, quand l'ouverture est peu considérable, on emploie un quart de cercle dentelé fixé au tablier, et un cric à engrenages multiples au moyen duquel on met en mouvement le pont. D'autres fois on maintient le pont horizontal par un taquet, et pour donner passage aux bateaux on le fait basculer dans une fosse circulaire ; mais les fosses ont l'inconvénient de n'être pas toujours étanches, et d'ailleurs le pont a une longueur plus grande que celle qui est nécessaire au passage.

Ponts roulants. Les ponts roulants se composent d'un tablier mobile sur des rouleaux en fonte, placés dans une chambre préparée à cet effet. A l'extrémité se trouve un plan incliné. Dans ces sortes de ponts le plancher a l'inconvénient de glisser quelquefois difficilement sur les rouleaux, et exige d'ailleurs beaucoup de place.

Ponts tournants. Les ponts mobiles les plus employés sont les ponts tournants. Ils peuvent faire leur évolution, soit à l'aide d'un axe de rotation vertical avec chariot, soit à l'aide d'un axe et d'une cuvette circulaire. Dans tous les cas, cet axe se place sur un massif de maçonnerie à une distance de la berge égale à la moitié de la largeur du pont, afin que lorsque le mouvement de rotation est effectué il ne dépasse pas le parement. Le pivot sur lequel repose toute la charge, se fait avec une tige en fer forgé, de $0^m,12$ environ, aciérée à son extrémité supérieure ; il s'emboîte dans une crapaudine fixée au pont. Autour de lui se trouve le chariot, dont le but est d'empêcher le déversement quand il y a déplacement dans le centre de gravité. Ce chariot est formé de deux cercles concentriques reliés par des bras, et munis de galets coniques qui se meuvent sur un cercle en fonte scellé dans la maçonnerie. Le tablier se compose de poutres horizontales, consolidées en dessous par des sous-poutres ou des arbalétriers venant buter l'un contre l'autre. Afin de diminuer leur portée, elles sont en outre supportées par des haubans en fer qui s'attachent à deux colonnes en fonte placées de chaque côté du pont. Ces colonnes sont portées par une forte traverse placée sur le châssis qui repose immédiatement sur le pivot ; toutes ces pièces sont reliées transversalement par des moises, boulonnées au dehors et non pas dans l'épaisseur du bois, ce qui pourrait l'affaiblir. Le sol sur lequel passent les voitures et les piétons est en madriers ; il est disposé de manière à présenter une voie charretière de $2^m,50$ à 3^m, et des trottoirs de 1^m à $1^m,50$. Comme le point de rotation n'est pas au milieu de l'ouverture, il y a une travée plus pesante que l'on est obligé d'équilibrer au moyen de contre-poids. On ménage dans la culée sur laquelle est établi le point de rotation, une chambre ou enclave, dans laquelle le pont vient se ranger quand il est déplacé. Afin de le fixer lors du passage des voitures, on dispose également dans la culée de la rive opposée une partie circulaire, dans laquelle sont établis deux cylindres en fonte dont les axes sont perpendiculaires au plan des eaux. Lorsque l'extrémité de la grande volée vient s'y loger, les coins dont elle est armée viennent opérer sur les cylindres un serrage qui empêche tout mouvement. On fait pivoter le pont au moyen d'engrenages attachés au tablier, et d'un arc de cercle scellé dans la maçonnerie. Dans le cas où le pont a une assez grande ouverture, il se divise en deux parties mobiles qui viennent s'ajuster l'une contre l'autre.



2141.

Nous donnons fig. 2141 un exemple de pont tournant.

Les ponts mobiles en fonte sont établis à l'aide de fermes coulées d'une seule pièce et évidées, de manière à les rendre moins massives. Les fermes des ponts en fer sont formées de trois tôles de forte épaisseur, évidées et assemblées au moyen de rivets. Ces ponts sont, il est vrai, d'une construction plus coûteuse, mais leur durée est plus grande. Ils n'ont pas l'inconvénient de se déformer comme ceux en bois, ni de nécessiter des réparations fréquentes et coûteuses.

V. BOIS. — A. LEROY.

PONTS AMÉRICAINS (anglais, *lattice-bridge*).—Les ponts jetés sur les grands fleuves, les lacs et les bras de mer d'Amérique, atteignent des dimensions dont nous ne trouvons en France aucun exemple. Leur longueur est très souvent de 5 à 600 mètres, et il est facile d'en citer d'un développement plus considérable encore. Le pont sur la rivière de Susquehanna à Colombia, et celui du Potomac à Washington entre autres, ont chacun $2.011^m,42$ de longueur, c'est à-dire plus d'une demi-lieue. Ces grands ponts sont formés ordinairement de travées en bois, de 40 à 60^m d'ouverture, supportées sur des piles et culées en maçonnerie. Ils présentent presque tous, à un haut degré, le caractère de hardiesse et d'économie que les constructeurs américains savent imprimer à leurs travaux. Nous ne nous occuperons pas ici de tous les systèmes de charpente employés en Amérique pour l'établissement des ponts à grande portée ; la description de ces ouvrages remarquables doit être réunie à celle des ponts en charpente en général. Nous n'étudierons que la disposition ingénieuse des *ponts à treillage* de M. Ithies Town, les seuls qui soient, du reste, connus en France, sous le nom spécial de *ponts américains*. Cette combinaison toute nouvelle des bois de charpente présente, dans beaucoup de cas, des avantages incontestables. Elle commence à être souvent employée en France, et nous sommes persuadés que son usage deviendra excessivement fréquent quand elle sera mieux et plus généralement connue.

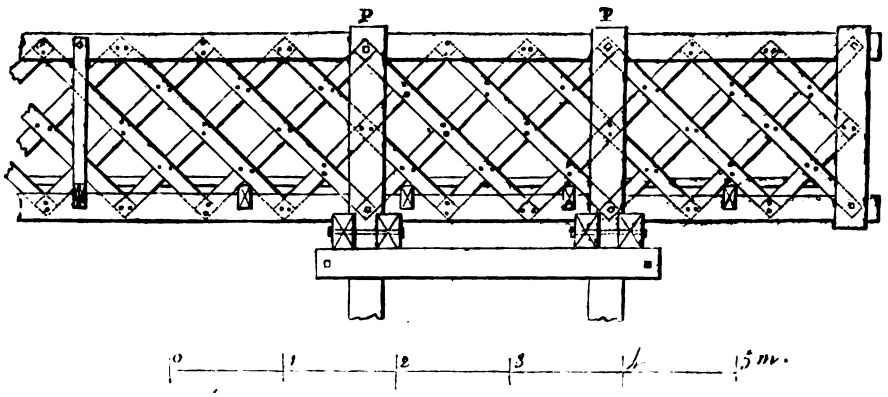
Nous allons examiner successivement la construction des différentes parties de ce genre de ponts, et nous donnerons, en terminant, quelques indications sur leur prix.

Fermes. Le tablier est ordinairement supporté par deux fermes formées simplement d'un treillis en planches plus ou moins épaisses et moisé, à sa partie inférieure et supérieure, par des pièces longitudinales, comme l'indiquent l'élévation, fig. 2142, et la coupe en travers, fig. 2143, qui montrent la position relative des fermes et du tablier. Les croisillons sont fixés les uns

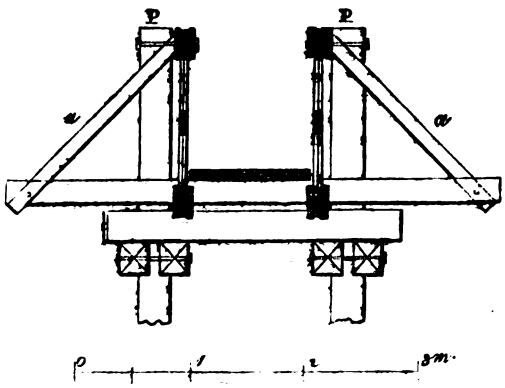
Digitized by Google

sur les autres au moyen de clous ou de chevilles en bois. Les moises sont réunies entre elles et au treillis par de forts boulons en fer.

de 0m,0375 de diamètre. Le treillage est relié à sa partie supérieure par deux moises formées par la superposition de madriers de même dimension que les croisil-



2142.



2143.

La passerelle de service, dont les fig. 2142 et 2143 indiquent la disposition, a été établie sur le Rhône par M. Garella, pour le passage des ouvriers employés à la construction d'un barrage. Elle se composait de trois travées de 27m,95 d'ouverture chacune supportées par quatre palées en charpente. Les fermes espacées l'une de l'autre de 1m seulement étaient entièrement en sapin et avaient 1m,70 de hauteur. Les croisillons avaient 0m,15 de longueur sur 0m,03 d'épaisseur. Il y avait à chaque croisement deux clous placés alternativement sur une même ligne horizontale ou verticale. Les moises formées de pièces de 20m environ de longueur, réunies à leurs extrémités par des traits de Jupiter, avaient 0m,25 de longueur sur 0m,05 d'épaisseur. Les boulons qui les réunissaient avaient 0m,045 de diamètre. Cette passerelle aurait pu sans danger supporter un poids de près de 400 kilog. par mètre carré superficiel du tablier.

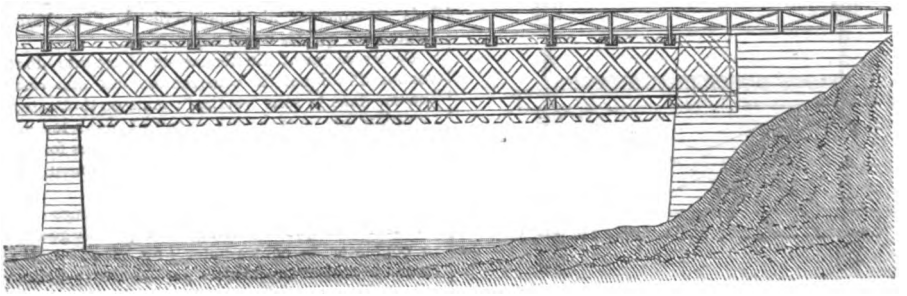
Dans les ponts plus importants, on augmente à la fois la hauteur des fermes, le nombre des moises et l'équarrissage des différents bois. Ainsi, par exemple, les fermes de l'un des ponts construits par M. Robinson, pour le chemin de fer de Philadelphie à Reading, ont (fig. 2144 et 2145) 2m,85 de hauteur. Les croisillons qui forment le treillage ont 0m,30 de longueur sur 0m,075 d'épaisseur; ils sont assemblés à angle droit et réunis à leur point d'intersection par des chevilles en chêne

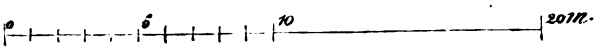
lons, c'est-à-dire de 0m,30 de largeur sur 0m,075 d'épaisseur, et à sa partie inférieure par un double cours de moises semblables. La portée de chaque travée est de 23m,40. Les fermes sont engagées de 1m,50 environ dans les culées en maçonnerie. La voie de fer est établie au-dessus des fermes, comme nous l'indiquerons plus loin, et garnie de deux garde-corps. M. Robinson, chargé de construire un autre pont de même nature (fig. 2146 et 2147), destiné à supporter des poids plus considérables encore que le précédent, et dont une travée a 41m,65 d'ouverture, a placé sous chaque tête deux fermes juxtaposées, comme l'indique la coupe en travers (fig. 2147), de 5m,47 de hauteur. Les croisillons ont 0m,254 de longueur et 0m,076 d'épaisseur; ils sont réunis, à chaque point de croisement, par des chevilles en chêne de 0m,03 de diamètre. Les diagonales verticales des losanges du treillage, mesurées d'axe en axe des croisillons, ont 1m,29, et les diagonales verticales, mesurées de la même manière, 1m,48 seulement. Les deux treillages qui forment chaque ferme sont disposés de manière à ce que les vides de l'un soient placés vis-à-vis les pleins de l'autre, comme on le voit dans une partie de l'élévation (fig. 2146). Il y a deux cours de moises à la partie inférieure et deux à la partie supérieure. Enfin, des moises verticales de 0m,305 de longueur sur 0m,152 d'épaisseur sont placées à chaque intervalle de quatre losanges pour compléter la rapidité du système. Les piles qui supportent cette immense construction n'ont que 1m,37 au sommet. La charpente est entièrement en pin de Weymouth (*pinus strobus*), excepté les chevilles et les chapeaux des piles et culées qui sont en chêne blanc.

Les fermes sont toujours recouvertes de planches jointives que nous avons cru devoir enlever dans la fig. 2144 et sur une partie de la fig. 2146, pour montrer la disposition de la charpente. Ces planches, en préservant les bois de l'action de la pluie et du soleil, assurent pendant longtemps leur parfaite conservation.

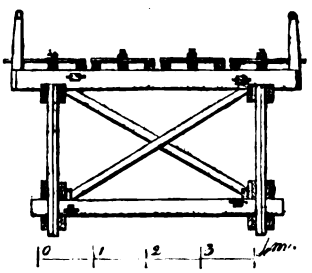
Les ponts de M. Lelong présentent trop d'analogie avec ceux qui nous occupent pour que nous n'en disions pas un mot. Les fermes sont formées, dans ce dernier système de ponts, par deux cours de très fortes moises horizontales réunies par des pièces verticales espacées de 1 à 4m, et par des croix de Saint-André disposées dans les espèces de cadres rectangulaires formés par l'ensemble des moises horizontales et verticales. La construction de ces ponts exige assez peu de bois, et les travées n'exercent sur les culées aucune poussée.

Digitized by Google





2144.



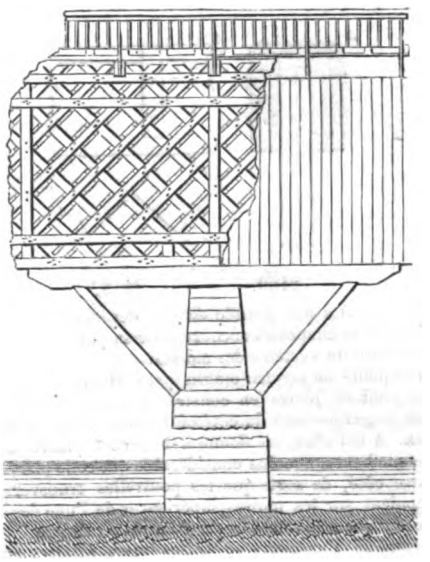
2145.

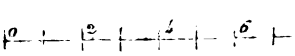
Cependant ils ne présentent pas autant de garanties que les ponts de M. Town, qui sont généralement préférés par les constructeurs.

Tablier. La disposition du tablier dans les ponts à treillage est excessivement simple ; il est toujours établi sur les *pièces de pont*, ou poutrelles transversales simplement posées sur les moises horizontales des fermes, ou assemblées avec elles au moyen d'une légère entaille. Pour les passerelles destinées seulement aux piétons, il suffit de jeter sur les poutrelles transversales (fig. 2142), espacées de 1m à 1m,50 d'axe en axe, des madriers jointifs de 0m,10 d'épaisseur environ. Quand on veut avoir des trottoirs de chaque côté du pont et un passage au milieu pour les voitures, on établit sur les pièces de pont deux cours de longuerines espacées de 1m à 1m,50, sur lesquelles on cloue les planches qui forment le trottoir. On établit ensuite sur les pièces de pont, entre les trottoirs, une série de madriers presque jointifs, et, sur ces derniers, un platelage en bois de médiocre qualité sur lequel le roulage a lieu.

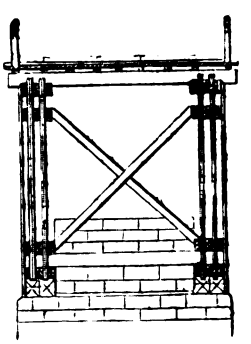
L'établissement des planchers au-dessus des fermes, soit pour les voitures, soit pour les chemins de fer, ne présente pas plus de difficultés. Les fig. 2144 à 2147 suffiront pour faire comprendre les dispositions adoptées. On est obligé dans ce cas d'établir un garde-corps de chaque côté du pont.

On place souvent le plancher des ponts à treillage à 0m,90 ou 1m,00 au-dessous de la partie supérieure des fermes, qui font alors elles-mêmes fonction de garde-corps, comme on le voit par la coupe, fig. 2148. Les poutrelles sont alors supportées par un cours de moises intermédiaires fixées à cet effet dans le treillage. Cette disposition est fort bonne ; elle s'applique surtout très bien aux ponts de 20 à 30 mètres d'ouverture, c'est-à-dire au plus grand nombre. Quand on adopte cette disposition, on recouvre les deux moises supérieures d'un



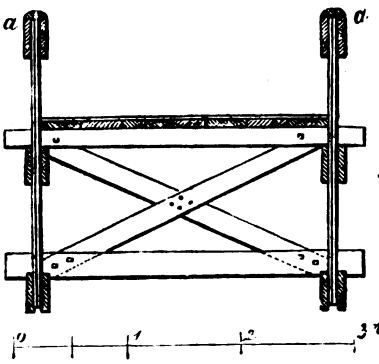


2146.



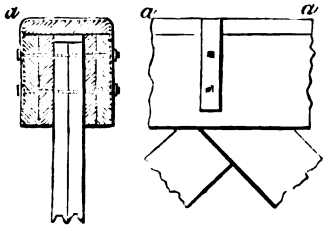
2147.

Digitized by Google



2148.

chapeau en bois *a*, fixé avec des clous à tête perdues, ou mieux avec des étriers en fer, noyés dans l'épaisseur du bois, et fortement boulonnés avec les moises et le treillage, comme l'indiquent les fig. 2149 et 2150, qui



2150. 2149.

représentent à une grande échelle cet ajustement, de sorte que le chapeau concourt pour sa part à augmenter la force du système des moises.

Les ponts de service établis parallèlement à la tête d'un pont de pierre en construction, ne doivent pas avoir de garde-corps du côté où l'on décharge les matériaux. A cet effet, on donne à la ferme placée de ce côté une hauteur moins considérable que celle placée de l'autre côté, de sorte que les poutrelles transversales s'appuient sur les moises supérieures de l'une des ferrures et sur les moises intermédiaires de l'autre.

L'emploi d'un cours de moises intermédiaires est assez coûteux et n'ajoute presque rien à la résistance de la ferme, puisqu'il est ordinairement très rapproché de la *fibre neutre*. On pourrait facilement le supprimer et faire porter les poutrelles transversales sur les croisillons eux-mêmes, au moyen d'un petit coussinet triangulaire en fonte.

Dans les ponts d'une certaine importance, les poutrelles transversales sont reliées entre elles par des croix de Saint-André placées sous le plancher, et destinées à augmenter la résistance de la charpente dans le sens transversal.

Il importe quelquefois beaucoup de réduire autant que possible la distance entre le dessous d'un pont et le dessus du tablier. Dans ce cas, on ne pose pas les poutrelles *sur* le cours de moises inférieures, mais on les suspend *au-dessous* au moyen d'étriers en fer, et on diminue d'ailleurs, si cela est nécessaire, par les artifices ordinaires, l'épaisseur totale du tablier.

Les tabliers des ponts de bois ou de métal présentent souvent, en Angleterre, une disposition que l'on commence à employer en France, et que nous croyons utile de faire connaître. Au lieu de faire rouler les voitures sur le bois du platelage, on recouvre celui-ci d'une couche de goudron, de bitume ou d'asphalte, et on établit ensuite dessus une chaussée en pierres cassées. Les bois se trouvent ainsi préservés de l'humidité et du frottement qui les use si rapidement.

Contreventement. Les fermes en charpente dont nous venons d'indiquer la construction ont une résistance énorme dans le sens vertical ; mais on doit assurer que ne présentant presque pas de rigidité dans le sens horizontal, leur tendance à se déverser est très forte, et que leur contreventement exige, par conséquent, un soin tout particulier.

Quand le tablier est supporté par le cours de moises inférieures et que les fermes sont peu larges, on peut se contenter de contre-buter (fig. 2142 et 2143) le cours de moises supérieures par des contre-fiches inclinées à 45°, et assemblées avec quelques-unes des pièces de pont convenablement prolongées.

La méthode précédente serait insuffisante pour les ponts à tablier inférieur et à fermes d'une certaine hauteur. On établit alors sur tout l'ouvrage une toiture qui conserve les bois en les préservant des intempéries, et qui établit en même temps une solidarité suffisante entre les deux grandes fermes.

Le contreventement des ponts dans lesquels le tablier est établi, au-dessus des fermes, ou à la hauteur d'un cours de moises intermédiaires, est à la fois plus facile et plus complet que celui des ponts à tablier inférieur, parce que n'étant plus obligé de laisser libre l'intervalle des fermes, on peut y disposer à son gré différentes pièces de charpente. On établit alors sur le cours de moises inférieures une série de poutrelles ou de moises transversales, reliées aux pièces de ponts, placées au-dessus, par des croix de Saint-André verticales, comme le représentent les coupes en travers des figures 2145, 2147 et 2148. Enfin, pour augmenter encore la résistance dans le sens horizontal, on établit encore entre les poutrelles inférieures une série de croix de Saint-André. De sorte que le pont, formé en dernière analyse de quatre systèmes d'assemblages doués chacun d'une grande rigidité dans le sens de sa dimension transversale, oppose à toutes les forces qui peuvent le solliciter une résistance suffisante.

Les ponts en charpente construits sur les chemins de halage présentent presque tous, comme on sait, après un temps plus ou moins long de service, une forte convexité du côté de la rive principale. Cette flexion est produite par l'action continue des cordes au moyen desquelles les chevaux tirent les bateaux. Nous avons adopté, pour nous opposer à cette action, sur des ponts à treillage de 20 mètres d'ouverture, projetés pour un service de navigation, un système de contreventement un peu différent de ceux que nous venons de décrire. Le tablier de nos ponts est établi à peu près aux deux tiers de la hauteur des treillis, et nous plaçons au-dessous de ce tablier, et dans un plan horizontal, une véritable ferme de toiture dont les arbalétriers sont fortement contre-butés aux extrémités de notre pont, de sorte que toute la force des assemblages s'oppose à la courbure que la traction des bateaux tendrait à donner au pont.

Levage. Les bois des croisillons sont assemblés à plat sur les chantiers, ainsi que les différentes parties des fermes. On démonte la charpente en laissant le treillage assemblé par panneaux de quelques mètres de longueur, puis on remonte les fermes sur place au moyen de quelques points d'appui, pris soit sur des bateaux amenés contre les piles, soit sur de légers échafaudages. Les fermes mises en place, le montage du pont ne présente plus de difficultés ; on place les pièces de pont, le plancher et le système de contreventage.

La simplicité de la construction des ponts à treillage permet de les exécuter très vite. Pourvu que l'on ait assez de scieurs de long, et quelques charpentiers qui

Digitized by Google

n'ont que des trous à percer, puisqu'il n'y a aucune entaille ni sur les croisillons, ni sur les moises, le travail avance sans difficulté. On peut sans peine construire et élever en vingt ou trente jours un pont d'une centaine de mètres de longueur.

Les ponts provisoires, construits dans le système de M. Town, sont ordinairement établis sur des palées en charpente de formes plus ou moins compliquées, suivant l'importance du pont et la nature du sol. On doit, dans tous les cas, prolonger assez les pieux pour pouvoir les boulonner fortement avec les différents cours de moises des fermes principales, comme on le voit en P, fig. 2142. Cette disposition offre l'avantage d'encastrer, pour ainsi dire, le pont, et de lui procurer par conséquent une résistance plus grande que s'il était simplement posé sur la palée, et de plus d'augmenter la résistance des fermes au déversement, en leur donnant des points d'attache invariables.

Les culées en maçonnerie des ponts américains n'ont à résister à aucune poussée horizontale, ce qui permet de leur donner une grande légèreté; mais elles doivent présenter chacune une espèce de chambre d'un ou deux mètres de profondeur, dans lesquelles sont encastrées, autant que possible, les extrémités des fermes. Quelques ingénieurs fixent même le pont sur la culée, au moyen de longs tirants verticaux en fer engagés dans les maçonneries inférieures. Quant aux piles, il suffit de calculer leur section, de manière à ce qu'elles puissent résister à la pression verticale du poids qu'elles doivent supporter, puisqu'elles n'ont aucune poussée horizontale à éprouver.

Nous devons ici mettre en garde contre l'idée de quelques charpentiers, qui, en montant les fermes d'un pont américain, leur ont donné une légère courbure dans le plan vertical. Cette disposition augmente la longueur des moises supérieures, qui tendent à se raccourcir, et les oblige à se voiler et à prendre une forme plus ou moins ondulée aussi nuisible au bon effet qu'à la solidité de l'ouvrage.

Prix d'établissement. Les ponts que nous venons d'étudier sont, comme on a pu le remarquer, d'une exécution très facile et très prompte; ils n'exigent que des bois de petites dimensions, et présentent une grande solidité. Les bois employés à la construction de ponts provisoires de ce système ne perdent presque rien de leurs valeurs, puisqu'ils ne sont nullement entaillés, mais seulement percés de quelques trous. Comme ponts fixes, ils ne sont pas moins bons : ils peuvent être établis sur des maçonneries très légères, et par suite peu coûteuses; les réparations peuvent se faire sans interrompre la circulation; avantage que l'on ne saurait trop apprécier, surtout pour les chemins de fer, et le pont tout entier peut être renouvelé, pièce par pièce, sans que la sécurité soit jamais ébranlée. Ajoutons enfin aux avantages que nous venons d'énumérer que les ponts de M. Town sont les plus économiques que l'on connaisse, et on pensera, comme nous le disions en commençant, qu'ils sont destinés à devenir d'un emploi de plus en plus fréquent, et à remplacer la plupart des autres ponts en charpente.

M. Town estime que le bois coûtant 22 fr. 60 c. à 27 fr. 12 c. le mètre cube, valeur moyenne en Amérique, le prix du mètre courant de pont serait de 175 à 227 fr. pour les ouvertures de 20 à 30 mètres, et de 262 à 437 francs pour les ouvertures de 35 à 60 mètres.

Dans la vallée du Rhône, en France, où les bois de sapin valent environ 50 fr. le mètre cube, les ponts à treillage reviendraient environ, d'après M. Garella, de 32 à 35 fr. non compris les supports, et à 60 fr. y compris les palées, par mètre carré de tablier. Pour faire apprécier la modicité de ce prix, nous dirons seulement que les ponts suspendus de Beaucaire, Serrières et Valence, construits sur le Rhône par M. Chaley, dont le talent est connu, ont coûté 122,118,50 et 107 fr. 99 c. par mètre carré de tablier, non compris les maçonneries, dont les prix sont presque doubles de ceux que nous venons d'indiquer.

Un simple rapprochement suffira pour compléter cette comparaison. Le pont du chemin de fer de Saint-Germain, sur la Seine, à Asnières, est à trois voies; il est construit presque tout en chêne : les travées ont 30 mètres d'ouverture. En prenant les 2/3 des matériaux qu'il contient, on trouve que, pour deux voies, il aurait dépensé $5^{mc},19$ de bois et $83^{k},36$ de fer par mètre courant. Or, le pont de Richmond ne renferme que $3^{mc},56$ de bois de pin par mètre courant et à peine 1 kilogr. de fer. Un autre pont, beaucoup plus massif, en contient $5^{mc},47$ par mètre courant, et ne renferme aussi que très peu de fer.

Calcul de la résistance des fermes. Le soin avec lequel nous avons rapporté toutes les dimensions des ponts que nous avons pris pour exemples permettrait à tout le monde de faire exécuter des ponts à treillage convenablement proportionnés. Nous croyons cependant devoir, en terminant, indiquer la marche ordinairement suivie pour calculer la résistance des constructions de cette nature. L'expression analytique exacte de la force des ponts de M. Town n'est pas encore connue. On se contente seulement de considérer chaque ferme comme un solide évidé, reposant sur des appuis, et composé simplement des cours de moises horizontales supposées invariablement liées entre elles, et on calcule la résistance au moyen de la formule ordinaire :

$$2P = \frac{Re\,(H^3 - h^3)}{3Hl}$$

Dans laquelle on a :

$2P$ = le poids, exprimé en kilogrammes, que l'on peut faire supposer à la ferme;

l = la demi-ouverture de la travée en mètres;

H = la hauteur totale de la ferme;

h = la distance des moises;

e = l'épaisseur des deux moises réunies;

R = un coefficient constant, qui ne doit pas, en pratique, dépasser 600.000 kilogrammes pour le bois de sapin et 500.000 pour le bois de chêne.

Faisons une application numérique de cette formule pour bien faire comprendre son emploi, à la passerelle du Rhône (fig. 2142) construite, comme nous l'avons dit, par M. Garella. En se reportant aux dimensions indiquées ci-dessus, on voit que l'on a, dans ce cas : $l = \frac{27,96}{2} = 13,98$, $H = 1^{m},70$, $h = 1^{m},20$, $e = 4 \times 0,05 = 0,20$, en supposant les deux fermes réunies. La formule devient donc :

$$2P = \frac{600000 \times 0,20 \times (4,913 - 1,728)}{3 \times 1,70 \times 13,98} = 5369^{k}.$$

Un poids uniformément réparti sur tout le pont pourrait être le double, c'est-à-dire de 10.738 kilogr.

Cette méthode de calcul est évidemment incomplète, puisqu'on ne tient pas compte de la rigidité propre du système des croisillons, dont la valeur n'est certainement pas négligeable, et que, d'un autre côté, on suppose le pont simplement posé sur ses appuis, tandis qu'il est toujours plus ou moins encastré.

Ces différentes causes d'erreur n'ont pas en pratique de bien graves inconvénients, puisqu'elles n'exposent qu'à donner aux bois de trop fortes dimensions. Il serait cependant utile d'avoir des formules sinon exactes, au moins plus complètes que celles que nous venons d'indiquer, et qui sont aujourd'hui les seules employées par les ingénieurs. La théorie mathématique de la distribution des forces, dans les différentes parties d'une ferme en treillage, serait certainement très difficile à

Digitized by Google

établir, de sorte qu'il n'y a pas lieu de chercher à déterminer *à priori* par le calcul les dimensions des différentes pièces d'une ferme. Mais il serait, je crois, assez facile d'obtenir, comme je vais l'expliquer, des formules empiriques très précieuses dans la pratique.

Le treillage présente par lui-même une certaine résistance, que l'on peut évidemment assimiler à celle d'une planche, sans solution de continuité et des mêmes dimensions que lui-même, mais pour laquelle le coefficient de résistance R aurait une certaine valeur dépendant de la nature des ajustages, etc. Cette valeur une fois déterminée pour chaque espèce de treillis, on conçoit qu'il serait facile d'avoir la formule qui donnerait la véritable résistance de la ferme. Déjà nous avons obtenu sur ce sujet des résultats intéressants que nous publierons aussitôt qu'un nombre suffisant d'expériences seront venues confirmer nos calculs et vérifier nos premiers essais.

Signalons enfin une conséquence assez importante déduite des observations précédentes. Si, en effet, le treillis a par lui-même une résistance propre qui permette d'assimiler les fermes des ponts américains à une pièce dont la section aurait la forme d'un double T, on peut économiser les matériaux sans perdre de force, en écartant de plus en plus les croisillons, à partir du milieu de la travée, de manière à donner aux différents points de la ferme une résistance variable analogue à celle des solides d'égale résistance.

HERVÉ MANGON.

PORCELAINE. Voyez POTERIE.

PORPHYRE. Les porphyres sont des roches composées d'une pâte feldspathique avec cristaux de feldspath; il s'y trouve assez fréquemment du quarz, de l'amphibole ou du mica. Ces roches, qui sont très variées d'agrégation et de couleur, sont généralement très dures. Certaines variétés sont employées dans l'architecture monumentale.

On trouve, chez les pharmaciens et chez les marchands de couleurs, des plaques de porphyres, qui servent, à l'aide d'une *molette* également en porphyre, à réduire à une ténuité extrême, on, comme on le dit, *à porphyriser*, les corps durs préalablement pulvérisés dans un mortier. Le plus ordinairement cette porphyrisation se fait à l'eau, ce qui est possible toutes les fois que l'eau n'altère pas les corps qu'il s'agit de broyer.

PORTE-VOIX. Le porte-voix est un instrument en cuivre laminé ou en tôle de fer très mince, qui a la forme d'une trompette, et dont on se sert pour se faire entendre de loin ; non seulement il dirige le son, mais encore il l'amplifie.

PORTER. Voyez BIÈRE.

POTASSE (*angl.* pottash, *all.* kali, pottasche). On désigne sous le nom générique de potasse, dans le commerce, le carbonate neutre de potasse; et on donne le nom de *potasse caustique* à l'hydrate de potasse.

Les principaux centres de production de la potasse sont l'Amérique du nord, la Russie, la Suède, etc. On l'y obtient partout en incinérant des végétaux terrestres, lessivant les cendres produites, évaporant à siccité les lessives et calcinant le résidu. Les diverses parties d'un même végétal sont loin de fournir la même proportion de cendres; l'écorce et les feuilles en donnent toujours beaucoup plus que les branches, les branches plus que le tronc, l'aubier moins que le bois ; en général, les plantes ligneuses en donnent moins que les plantes herbacées ; néanmoins, les premières sont exclusivement employées en grand pour la fabrication de la potasse. Cette fabrication, du reste, n'a et ne peut avoir lieu que là où il serait impossible de tirer un autre parti du bois, comme on peut aisément s'en convaincre d'après le tableau suivant, qui indique combien est faible la proportion de potasse que l'on retire moyennement des principaux végétaux :

Nom des végétaux.	Proportion de potasse.
Aune.	0,0039
Chêne (bois).	0,0015
Chêne (écorce).	0,0150
Hêtre.	0,0012 à 0,0015
Charme.	0,0013
Peuplier.	0,0007
Tilleul.	0,0050
Saule.	0,0030
Pin.	0,0005
Bouleau.	0,0016
Sarments de vigne. . .	0.0055
Fougère.	0,0060
Chardon.	0,0050
Tiges de maïs.	0,0180
Ortie.	0,0250
Pomme de terre. . . .	0,0244
Pavot.	0,0360
Angélique.	0,0060
Paille de froment. . . .	0,0083
Trèfle.	0,0008

L'incinération du bois se fait ordinairement à l'air libre, sur une aire battue, aussi rapprochée que possible du lieu d'abattage, afin d'éviter les frais de transport, et bien abritée contre les vents. Les cendres obtenues, dont le poids forme 1 à 5 p. 100 de celui du bois employé, sont soumises à un lessivage méthodique par la méthode que nous avons décrite dans ce Dictionnaire sous le nom de méthode par DÉPLACEMENT. On évapore ensuite à sec, dans des chaudières en fonte ou en tôle, les lessives les plus concentrées, marquant au moins 10 à 12° à l'aréomètre. Le résidu obtenu, et qui est désigné sous le nom de *salin*, est calciné à une chaleur assez forte pour en chasser une grande partie de l'eau qu'il renferme encore, et pour achever de détruire les matières organiques qui le colorent fortement en brun. Cette calcination s'opère habituellement dans des fours à réverbère, dont la sole a 3 ou 4m de long sur 1m,50 de large, et dont la voûte est très surbaissée. On brasse fréquemment la matière au moyen de ringards en fer et, lorsqu'elle commence à se réduire en pâte et qu'on n'y remarque plus de taches noires, on la retire par l'une des ouvertures, et l'on enfourne une nouvelle charge par l'ouverture opposée.

Les plus belles potasses d'Amérique sont parfaitement blanches, et sont connues sous le nom de *perlasse*. Néanmoins elles sont encore bien inférieures à la potasse que l'on obtient par l'incinération des lies de vin, et qui est connue sous le nom de *cendres gravelées*.

Les potasses du commerce contiennent toujours une certaine proportion de sulfates et de chlorures à base de potasse et de soude, et plus ou moins de substances insolubles. On apprécie leur valeur commerciale, c'est-à-dire la proportion d'alcali qu'elles renferment à l'état de carbonate, au moyen de liqueurs titrées, et par les procédés que nous avons décrits à l'article ALCALIMÉTRIE. Pour les purifier, on se base sur la propriété qu'a le carbonate de potasse d'être plus soluble que le sulfate de potasse et le chlorure de potassium, ce qui revient à dire, en d'autres termes, que ces deux derniers sels sont insolubles dans une dissolution saturée de carbonate de potasse ; on dissout la potasse à purifier dans son poids d'eau, on décante et on évapore à sec la liqueur décantée ; si on veut l'avoir encore plus pure, on reprend la potasse ainsi obtenue par la moitié seulement de son poids d'eau. C'est de cette manière que l'on purifie, en Allemagne, la potasse qui est employée dans la fabrication des verres fins sans plomb et à base de potasse, dits *cristaux de Bohême*.

Lorsque l'on veut obtenir du carbonate de potasse parfaitement pur pour les besoins des laboratoires ou des arts, on le prépare en faisant brûler dans une bassine en fonte un mélange à parties égales de crème de

Digitized by Google

tartre et de nitre raffiné ; la crème de tartre ou bi-tartrate de potasse se décompose par l'action de la chaleur en carbonate de potasse et en charbon, lequel, en réagissant sur le nitre, le décompose et le transforme également en carbonate de potasse.

Jusqu'ici le carbonate de potasse n'a été retiré que des cendres des végétaux terrestres, comme on retirait autrefois la soude de celles des végétaux marins. Il est permis actuellement d'espérer que la belle découverte de M. Balard, dont il a été rendu compte à l'article MARAIS SALANTS, permettra de retirer des eaux-mères des marais salants, du sulfate de potasse à assez bas prix pour qu'il y ait avantage à le transformer en carbonate, par les mêmes procédés que l'on suit depuis quelques années pour fabriquer la soude du commerce (voyez SOUDE), et viendra ainsi suppléer à l'insuffisance ou à la destruction prochaine des forêts qui alimentent cette fabrication.

Le carbonate de potasse a une réaction alcaline très forte, une saveur âcre et caustique ; il est très fusible, et devient liquide comme de l'eau au rouge ; il est très soluble dans l'eau et déliquescent, et insoluble dans l'alcool ; à l'état anhydre, il renferme :

Potasse.	0,68	CO^2KO.
Acide carbonique. . .	0,32	

Il est soluble dans l'acide carbonique, avec lequel il se combine et donne un bi-carbonate cristallisable, qui se décompose lorsqu'on fait bouillir sa dissolution dans l'eau. Il est surtout employé pour la fabrication des savons mous et des verres à base de potasse, ainsi que pour le blanchiment. Ces diverses industries en consomment des quantités considérables.

La *potasse caustique* se prépare en décarbonatant le carbonate par la chaux. On prend la plus belle potasse du commerce, de la cendre gravelée, ou mieux de la potasse préparée comme nous l'avons dit au moyen d'un mélange de crème de tartre et de nitre, on la dissout dans sept fois son poids d'eau, on y ajoute une demi-partie de chaux récemment éteinte, et on fait bouillir, dans une chaudière en fonte, pendant quinze à vingt minutes ; on enlève le feu, on ajoute dans la chaudière une quantité d'eau égale à celle qui s'est évaporée ; on délaie le tout, on laisse reposer quelques instants, on tire au clair au moyen d'un syphon, et l'on évapore immédiatement et rapidement la liqueur dans une autre bassine en fonte, ou mieux en argent. Lorsque l'évaporation touche à sa fin, on voit la lessive se tuméfier beaucoup, en raison de sa plus grande viscosité, puis elle s'affaisse, et la potasse entre en fusion tranquille quand il n'y a plus d'eau. Arrivé à ce point, on coule par portions la potasse sur des plateaux de cuivre étamé ou d'argent, qu'on a eu la précaution de frotter légèrement avec un linge huilé. Aussitôt que la potasse est prise, on la renverse sur une feuille de papier, on la brise en morceaux, et on la renferme immédiatement dans des bocaux propres et secs. La potasse caustique ainsi préparée est connue sous le nom de *potasse à la chaux* ou de *pierre à cautère*. Pour séparer les petites quantités de sulfate et de chlorure que la potasse à la chaux préparée avec les potasses du commerce contient toujours, on la traite par de l'alcool à 40°. Lorsqu'on reconnaît, au moyen de l'aréomètre, que ce dernier en est saturé, on le décante dans de grands flacons que l'on bouche, et on laisse reposer pendant deux ou trois jours ; quand la liqueur s'est éclaircie, on la décante, à l'aide d'un syphon en verre préalablement rempli d'alcool, dans une bassine en argent de telle forme qu'elle constitue la panse d'un alambic ordinaire ; on chauffe alors modérément tant qu'il distille de l'alcool : on en retire ainsi les 4/5 environ ; on démonte alors l'appareil, et on continue l'évaporation dans la même bassine, sur un feu plus vif. La liqueur entre en ébullition, et l'on voit peu à peu se former une écume noire et visqueuse, que le bouillon rejette sur les parois de la bassine où elle s'attache. Habituellement on enlève cette écume avec une cuillère d'argent, mais il est préférable, lorsqu'on le peut, de nettoyer un des côtés de la bassine, et de transvaser la dissolution, quand elle s'est bien épurée par l'ébullition, dans une autre bassine d'argent, où l'on en achève l'évaporation. On la coule ensuite comme nous l'avons dit plus haut. La potasse ainsi purifiée prend le nom de *potasse à l'alcool*.

La potasse caustique, préparée comme il vient d'être dit, est solide, d'un blanc perlé, cassante, à cassure unie, faiblement translucide. Elle a une saveur excessivement caustique, et elle exhale une forte odeur de lessive. Chauffée au rouge, elle retient encore un équivalent ou 16 p. 100 d'eau de combinaison que l'on ne peut en chasser par une chaleur plus forte ; c'est, en un mot, un hydrate de protoxyde de potassium ; en faisant abstraction de cette eau, elle se compose de :

Potassium.	0,83	KO.
Oxygène.	0,17	

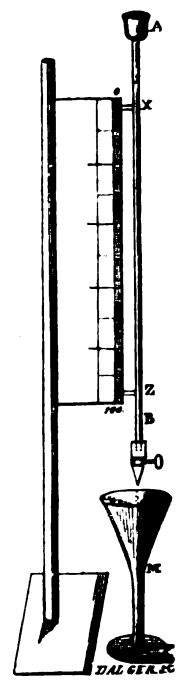
Elle se fond au-dessous du rouge, et produit des vapeurs abondantes à une température plus élevée. Elle attire très rapidement l'humidité atmosphérique et tombe en déliquescence : un grand nombre de sels qu'elle forme avec les acides sont également déliquescents ; elle se dissout dans l'eau, en développant une très forte chaleur. Elle est soluble dans l'alcool, mais plus à chaud qu'à froid, et la liqueur saturée à chaud dépose des cristaux par le refroidissement. Les corps combustibles, le charbon, le soufre, le phosphore, etc., la décomposent à une température plus ou moins élevée ; il en est de même des métaux très avides d'oxygène, comme le fer, le zinc, etc. C'est une base extrêmement énergique : tous les acides, même l'acide carbonique, en chassent l'eau à laquelle ils se substituent ; il en est de même pour nombre d'oxydes, par voie sèche ; quelques-uns même, comme l'alumine, la glucine, l'oxyde de zinc, s'y dissolvent par voie humide. Elle attaque à peu près par voie sèche tous les minéraux et est très employée à cause de cela dans les laboratoires. On s'en sert extérieurement en médecine, ou plutôt en chirurgie, comme d'un caustique très énergique. En dissolution très étendue, on l'emploie dans le blanchiment sous le nom de lessive caustique.

POTASSIMÉTRIE. L'essai alcalimétrique des potasses du commerce donne, comme nous l'avons fait voir à l'article ALCALIMÉTRIE, leur teneur en carbonate de potasse, lorsqu'elles ne sont mélangées que de matières insolubles ou d'autres sels de potasse, mais il n'indique nullement cette teneur lorsqu'elles sont falsifiées avec de la soude, falsification que le bas prix de ce dernier alcali a rendue très fréquente dans ces dernières années. C'est pour découvrir cette falsification et l'apprécier que M. O. Henry a proposé le procédé que nous allons décrire et auquel il a donné le nom de *potassimétrie*. Ce procédé repose sur la propriété que possède la potasse de former avec l'acide perchlorique un sel complétement insoluble dans l'alcool, tandis que le sel correspondant de soude y est extrêmement soluble ; ce dernier est donc employé comme réactif pour précipiter la potasse : on se le procure ainsi qu'il suit : On chauffe avec précaution, dans un creuset de platine, du chlorate de potasse, jusqu'à ce que le dégagement d'oxygène cesse ; on reprend la matière par vingt fois son poids d'eau bouillante, on filtre à travers une chausse de laine, et on laisse refroidir en troublant la cristallisation par l'agitation. Le perchlorate de potasse se dépose en petits grains blancs, brillants, qu'on lave avec un peu d'eau froide et qu'on fait sécher à l'étuve. On le réduit ensuite en poudre fine, on le place dans une large éprouvette au fond de

Digitized by Google

laquelle on a versé du mercure et on le délaie dans 5 à 6 parties d'eau pure; d'un autre côté on met dans une cornue de grès un mélange de 1 partie 2/3 de sable fin pur, 1 p. 1/4 de chaux fluatée et 3 p. d'acide sulfurique concentré; on adapte au col de la cornue un tube de dégagement dont l'autre extrémité vient déboucher sous le mercure placé dans l'éprouvette; on chauffe alors la cornue, il se dégage de l'acide hydrofluosilicique qui traverse le mercure, vient réagir sur le perchlorate de potasse, forme du fluosilicate de potasse gélatineux, insoluble, et met l'acide perchlorique en liberté; la réaction achevée, on jette le magma produit sur un carrelet de toile, on le lave à l'eau distillée, et on sature les eaux de lavage par du carbonate de soude cristallisé; on filtre, on concentre la liqueur, au bain de sable, jusqu'à consistance sirupeuse, puis on l'étend de son poids environ d'alcool à 37°, on chauffe légèrement et on filtre. En évaporant avec précaution la solution alcoolique de perchlorate de soude ainsi obtenue, elle fournit des cristaux blancs aciculaires, avec lesquels on prépare, comme nous le verrons plus loin, la liqueur d'épreuve titrée.

Passons maintenant à la description de l'instrument auquel M. O. Henry a donné le nom de potassimètre et qui est représenté dans la fig. 2151 :



2151.

A C est un tube de verre d'une longueur de 60 centimètres environ, et d'un diamètre de 4 millimètres à peu près. En A se trouve un entonnoir de verre soudé, et en B un petit robinet en cuivre terminé par un tube capillaire. Ce robinet s'ajuste au tube par un bouchon et avec de la cire à cacheter. Le tube A B est fixé par *deux crochets* au long d'une échelle inscrite sur une planche, et cette échelle est divisée en 100 parties égales. Le tout est supporté par un pied qui permet de placer le tube A B au-dessus du vase M contenant le sel de potasse à essayer. Dans l'étendue comprise dans le tube A B, à partir du 1er au 100me degré inclus (X à Z), on a une liqueur de perchlorate sodique titrée, représentant par chaque degré 1/100me *de carbonate potassique pur* (1).

Indiquons maintenant comment on opère l'essai potassimétrique : On prend *en plusieurs points* du baril de potasse à essayer divers échantillons, représentant 250 ou 300 grammes; on les mélange ensuite et on les réduit en une poudre fine aussi *promptement* que possible. On prélève sur cette poudre 50 grammes que l'on traite à froid par 100 grammes d'eau distillée, on filtre avec soin, et la solution est introduite dans une petite éprouvette graduée en 50 parties égales.

1° On prend d'abord, au moyen d'une pipette graduée, 10 mesures de cette solution représentant 5 grammes de la potasse à essayer que l'on soumet à part à l'essai alcalimétrique, en se conformant en tous points à ce que nous avons dit à l'article ALCALIMÉTRIE; puis on note le degré alcalimétrique obtenu;

2° D'autre part on prend 1 mesure de liquide ci-dessus, représentant 1 gramme de la potasse à essayer; on sature à l'aide de l'acide acétique en léger excès, on fait évaporer presqu'à siccité et on traite le résidu à l'aide de l'alcool à 37°, froid; on filtre sans rien perdre; les sulfates, et chlorures et silicates alcalins restent sur le filtre. C'est dans ce liquide, représentant en acétate le carbonate de potasse et même celui de soude de la potasse à examiner, qu'on ajoute *goutte à goutte* la solution titrée de perchlorate de soude, *tant qu'on aperçoit un précipité*, et en l'ajoutant *fort lentement*, lorsqu'on approche vers les 40 ou 50 mesures du tube A B.

Ce nombre indique pour 1 gramme de potasse examinée des *centièmes* de carbonate potassique pur.

Or, connaissant, d'*une part*, au moyen de l'*essai alcalimétrique*, la quantité d'acide sulfurique que sature cette potasse, on arrive aisément à déterminer la proportion des carbonates de potasse et de soude mélangés.

En effet, 100 mesures de l'alcalimètre représentent :

	Gram mes.
Acide sulfurique à 66°.	5,423
Acide sulfurique anhydre. . . .	4,429
Qui équivalent : à carbonate de potasse pur anhydre.	7,60
— — à carbonate de soude pur anhydre.	5,74

On a déterminé de l'autre part, au moyen du potassimètre, la proportion réelle de *carbonate de potasse* de la potasse essayée, sur 100 parties.

Voyant ce que cette proportion doit prendre d'acide sulfurique réel, la différence de la quantité totale de cet acide employé dans l'épreuve alcalimétrique, pour 100 de potasse, donnera de suite la quantité du carbonate de soude ajouté, et le double problème sera résolu, savoir : la détermination de la véritable valeur potassique, et celle de la proportion du carbonate de soude ajouté.

Donnons un exemple pour faciliter l'intelligence des faits; soit :

100 grammes de potasse du commerce prise comme il a été dit, et donnant :

1° Par l'essai alcalimétrique; un nombre de degrés qui représente :

	Grammes.
Acide sulfurique réel anhydre. . . .	38.9

2° Par l'essai au potassimètre un nombre de degrés représentant :

Carbonate de potasse pur.	50

On aura 28,9 d'acide sulfurique anhydre pour les 50 de carbonate de potasse pur.

La différence 10 d'*acide* représentera :

Carbonate de soude pur.	13,3

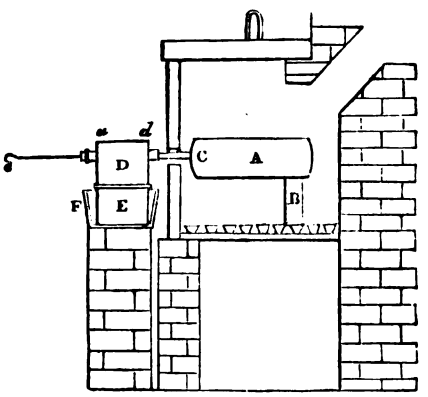
POTASSIUM (*angl.* et *franç.*, *all.* kalium). Le potassium est un métal d'un blanc d'argent, découvert par *Davy* dans la potasse; son éclat, très vif, s'altère immédiatement au contact de l'air; il est assez mou pour être pétri entre les doigts; sa densité, moindre que celle de l'eau, n'est que de 0,865; il fond à 58°, et se volatilise au-dessous du rouge, en donnant des vapeurs d'un beau vert, pourvu qu'il soit complétement à l'abri de l'air. Il est presque aussi inflammable que le phosphore, et il est prudent de ne pas le manier à l'air libre entre ses doigts pendant longtemps; les brûlures qu'il produit sont très graves, parce qu'à la température élevée qui se développe vient se joindre l'action de la potasse qui se forme et qui corrode les matières animales avec d'autant plus de force qu'elle

(1) Ce titre s'obtient aisément; pour cela on fait écouler lentement la quantité d'alcool à 37° contenue dans l'espace du tube A B compris entre 0 et 100 degrés, on en prend de suite le poids exactement. On pèse alors 10 ou 100 fois la même quantité d'alcool à 37° dans un flacon à l'émeri, et on y ajoute 10 fois ou 100 fois 0gr,881 de *perchlorate de soude sec*, le mélange est la *liqueur d'épreuve titrée*, renfermant dans l'étendue des 100 degrés du tube 0gr,881 de *perchlorate de soude sec*, qui répondent à 1 gr. de carbonate de potasse pur.

Digitized by Google

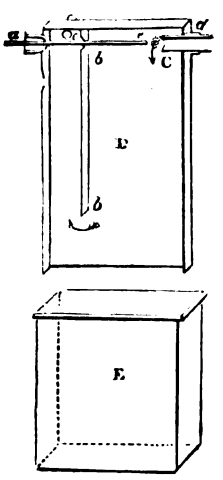
est anhydre. Lorsqu'on jette un globule de potassium dans un vase renfermant de l'eau, il prend à la surface de l'eau un mouvement giratoire très rapide, et la décompose en formant de la potasse qui se dissout ; la réaction est tellement énergique que l'hydrogène de l'eau décomposée s'enflamme au fur et à mesure qu'il est mis en liberté ; au moment où la combustion s'achève, le fragment de potasse qui reste éclate et pourrait donner lieu à des accidents si on n'avait soin d'opérer dans un vase rempli d'eau au tiers au plus. On ne peut conserver le potassium que sous de l'huile de naphte bien desséchée.

Pour obtenir le potassium, on réduit la potasse, à une chaleur blanche, par le fer ou le charbon. Ordinairement on emploie ce dernier procédé ; on prépare un mélange intime de carbonate de potasse et de charbon, en calcinant de la crème de tartre (bi-tartrate de potasse) dans un creuset couvert, et on rend le mélange plus poreux en y ajoutant 1/10 de son poids de charbon grossièrement pulvérisé. On traite alors ce mélange dans l'appareil suivant, qui est dû à *Brunner*, et qui se compose (fig. 2152) d'une bouteille en fer B (on prend ordinairement une de ces bouteilles dans lesquelles le mercure nous arrive d'Espagne) dans laquelle on introduit le mélange précédent ; on la place ensuite horizon-



2152.

talement dans un fourneau, en la supportant en arrière par un petit mur en briques B. Dans le col de la bouteille, qui est taraudé à vis, on visse un bout de canon de fusil fileté C, que l'on fait aussi court que possible. On commence alors à chauffer graduellement la bouteille ; toute l'humidité se dégage, la masse rougit, et aussitôt que l'on voit se dégager des vapeurs vertes qui s'enflamment spontanément, ce qui annonce que la réduction commence, on adapte au tube C, le récipient *da*DE, qui est représenté en coupe et sur une plus grande échelle figure 2153. Il est en cuivre mince laminé et composé de deux parties ; la partie supérieure est une boîte rectangulaire, ouverte au fond, ayant environ 0m,25 de haut et 0m,12 à 0m,15 de long sur 0m,05



2153.

de large, et divisée en deux compartiments égaux, sur les deux tiers de sa hauteur, par une cloison *bb* ; elle entre exactement dans une boîte inférieure E, remplie d'huile de naphte bien desséchée, et placée dans un vase réfrigérant F. A la partie supérieure de la boîte D, sont soudés deux tubes diamétralement opposés ; l'un *d*, reçoit l'extrémité du tube C, et on garnit avec soin la jointure avec du lut ; l'autre *a*, porte un bouchon que traverse une tige de fer *e* qui sert à dégager le tube C et à prévenir les engorgements qui pourraient s'y former. En *c*, on adapte un tube recourbé en verre dont l'autre extrémité plonge dans une cuvette remplie d'huile de naphte, et qui sert de tube de sûreté, en fixant la tension maximum que les gaz peuvent acquérir dans le condenseur D. Il faut avoir bien soin de ne pas laisser s'engorger le tube C, ce qui donnerait lieu à de graves accidents. La préparation du potassium est du reste une des préparations les plus délicates de nos laboratoires et ne doit être faite que par des personnes ayant une certaine habitude des manipulations chimiques. Comme la température à laquelle on doit chauffer les bouteilles de fer doit être aussi élevée que possible, on les recouvre d'un lut d'argile pour les préserver de l'oxydation. On purifie le potassium, obtenu comme il vient d'être dit, en le fondant sous l'huile de naphte et même quelquefois en le distillant dans une cornue en fer.

La grande affinité du potassium pour l'oxygène, le phosphore, etc., le fait fréquemment employer dans les laboratoires de chimie.

POTEE D'ÉTAIN. La potée d'étain est un mélange d'oxydes de plomb et d'étain, obtenu en calcinant un alliage de ces deux métaux en proportions variables ; le plomb et l'étain séparés ne s'oxydent que lentement au rouge, tandis que leurs alliages s'oxydent très rapidement dans les mêmes circonstances ; ainsi, par exemple, l'alliage qui renferme 3 parties de plomb et 1 p. d'étain, s'enflamme lorsqu'on le chauffe au rouge sombre et continue ensuite à brûler de lui-même. L'oxydation terminée, on broie la potée et on l'obtient par lévigation au degré de finesse voulue. Suivant la proportion relative du plomb et de l'étain, on obtient une potée dont la couleur peut présenter toutes les nuances du gris au jaune rougeâtre. On s'en sert pour polir les verres, les glaces, etc., ainsi que pour préparer les *émaux*.

POTERIE (*angl.* pottery, *all.* tœpferei). La fabrication des poteries est une des industries les plus anciennement connues, mais ses progrès les plus importants ne datent que de quelques siècles, et sont dus aux Bernard de Palissy, aux Wedgwood, aux Bœttger, etc. Elle se divise actuellement en un nombre considérable de branches d'après la nature des poteries produites ; nous les passerons successivement en revue avec tous les détails que le cadre de ce dictionnaire nous permettra de donner, en rappelant, à ceux de nos lecteurs qui désireraient acquérir une connaissance plus approfondie de l'art céramique, que le savant M. Alexandre *Brongniart*, qui dirige avec tant d'habileté la Manufacture royale de porcelaine de Sèvres, depuis plus de quarante ans, vient de publier sur ce sujet un traité *ex professo*, qui doit servir de modèle à tous ceux qui entreprennent la description complète d'une branche d'industrie quelconque, et qui, nous nous faisons un devoir de le reconnaître, nous a été du plus grand secours pour la rédaction de cet article.

Avant d'entrer dans les détails de fabrication propres à chaque espèce de poteries, il est indispensable de parler d'une manière générale des éléments qui entrent dans la composition des pâtes et glaçures céramiques, ainsi que des procédés de préparation et de façonnage de ces pâtes, communs à tout ou partie des diverses branches de fabrication.

Digitized by Google

Composition générale des pâtes.

Le principal élément des pâtes céramiques, qui sont toujours essentiellement composées de silicates terreux à base d'alumine, seule ou mélangée de magnésie, est une matière dont la plasticité permet de mouler et de façonner la pâte : on dit que la pâte est *longue* ou *courte*, selon qu'elle a plus ou moins de plasticité.

On emploie généralement comme *matière plastique*, pour la fabrication de la porcelaine, des kaolins, et, dans quelques parties de l'Espagne et du Piémont, du carbonate et du silicate de magnésie ; les argiles plastique, figuline, marneuse, etc., fournissent la matière plastique des autres poteries. Les *kaolins* proviennent toujours de la décomposition du feldspath et se rencontrent dans les terrains granitiques, surtout dans la roche désignée sous le nom de *pegmatite*, et qui est presque uniquement composée de quarz et de feldspath ; ils sont souvent recouverts, dans leurs gisements, d'une roche micacée, ou sorte de gneiss, rouge et très fusible. Le principal gisement de kaolin, en France, est celui de Saint-Yrieix, à 28 kilomètres au sud de Limoges. Le kaolin de cette localité est généralement friable et d'un beau blanc de lait ; on en distingue trois variétés : le kaolin caillouteux, qui est grenu, friable, à grains partie quarzeux et durs, partie argileux et tendres ; le kaolin sablonneux, qui est friable, très maigre au toucher, et dans lequel le quarz est à l'état de sable très fin, mais visible ; et le kaolin argileux, qui est moins friable et fait directement avec l'eau une pâte assez liante. Complétement desséché, le kaolin de Saint-Yrieix se compose à peu près de 0,545 de silice, 0,425 d'alumine, et 0,030 de potasse et de chaux. Parmi les argiles employées à la confection des poteries, on doit placer au premier rang l'*argile plastique*, qui, lorsqu'elle est suffisamment pure, est infusible dans le four à porcelaine, et forme la base des poteries de grès, des cazettes à cuire la porcelaine, des faïences fines, etc. Vient ensuite l'*argile figuline*, qui donne une pâte liante, moins tenace que la précédente ; elle renferme jusqu'à 5 à 6 p. 100 de chaux, et une certaine quantité de fer, de sorte qu'elle se colore en jaune ou en rouge par la cuisson ; à une haute température, elle se ramollit et se couvre d'une sorte de vernis. On s'en sert pour la fabrication des faïences communes, des terres cuites, des briques, etc... La grande abondance, à la surface du globe, des *marnes argileuses*, la facilité avec laquelle elles font pâte avec l'eau et se laissent façonner, la solidité et la dureté qu'elles acquièrent par une cuisson modérée, les font presque exclusivement employer dans la fabrication des poteries communes ; il en est à peu près de même des *marnes limoneuses*, mais les *marnes calcaires* ne sont jamais employées comme matières plastiques.

Si, d'un côté, la plasticité est une condition de première importance pour le façonnage des pâtes, d'un autre côté, une pâte très plastique éprouve, tant par la dessiccation que par la cuisson, un retrait considérable, qui a souvent pour résultat de déformer les pièces et d'y déterminer des fissures. On obvie à cet inconvénient, en diminuant la plasticité de la pâte, par l'addition d'une matière *aride* ou *dégraissante*, c'est-à-dire d'une matière qui ne soit pas susceptible par elle-même de prendre du retrait. Les matières dégraissantes sont le quarz, les ciments et les escarbilles. Le *quarz hyalin*, que l'on trouve en quelques localités, est surtout employé pour les porcelaines. Les *silex pyromaques*, disséminés en nodules dans les terrains de craie blanche, sont très employés en Angleterre dans la fabrication des faïences fines ; certains sables quarzeux servent également à la fabrication de la faïence. Pour les pâtes communes, on emploie fréquemment comme matières dégraissantes des pâtes argileuses cuites, puis broyées plus ou moins fin, et auxquelles on donne le nom de *ciment*. Enfin, pour quelques poteries très grossières et que l'on cuit à une basse température, on emploie comme ciment le *machefer* et les *escarbilles*, qui tombent sous la grille des fours à réverbère.

Dans quelques cas particuliers, pour obtenir des vases moins fragiles, on incorpore dans la pâte de la sciure de bois, du poussier de coke, ou du graphite. Il paraît qu'en Corse, et dans le même but, on introduit dans certaines pâtes de l'*amiante* ou *asbeste*, pierre filamenteuse qui vient se ranger à la suite, soit de l'amphibole, soit du pyroxène.

Dans les poteries cuites à une basse température et faites avec des marnes argileuses, le calcaire joue le rôle de matière dégraissante ; on en ajoute quelquefois dans ce but dans des circonstances analogues.

Enfin, soit pour rendre la combinaison des éléments plus intime, soit pour donner aux produits une translucidité plus ou moins prononcée, une imperméabilité plus ou moins grande, etc., on ajoute souvent à la pâte des matières qui augmentent sa fusibilité ; ces matières, dites *fondantes*, sont ordinairement du feldspath, presque toujours mélangé de quarz, et du calcaire. Quant aux substances qui sont employées pour former les *couvertes* ou *glaçures* qui recouvrent la plupart des poteries, elles sont très nombreuses, et nous en parlerons à l'article de chaque genre de poteries.

Avant de terminer ce paragraphe, nous rappellerons que nous avons vu que, pour les alliages métalliques multiples (voyez ALLIAGES, page 123), l'ordre dans lequel on combine les éléments est de la plus grande importance, et que, toutes choses égales d'ailleurs, en inversant cet ordre, on pouvait obtenir des produits de composition identique ayant des propriétés essentiellement différentes. Ici, un phénomène analogue se présente : il ne suffit, pas pour obtenir des poteries d'une nature donnée, d'arriver à combiner ensemble les éléments simples (silice, alumine, etc.,) dans les proportions indiquées par l'analyse, mais il est encore indispensable que les matières premières de la fabrication à établir, qui renferment les éléments simples ci-dessus, présentent à peu près les mêmes modes de combinaison et d'agrégation que les matériaux ordinairement employés dans la composition de cette sorte de poterie.

Préparation des pâtes.

Il est essentiel que les pâtes céramiques soient amenées à présenter, dans leur masse, une homogénéité d'autant plus parfaite que la température de leur cuisson sera plus élevée, afin que le retrait soit bien égal et ne donne pas lieu à la déformation des pièces. A cet effet, on fait subir aux matières premières deux séries d'opérations : les premières ayant pour but d'obtenir des matières séparément bien homogènes et réduites en particules très ténues, les secondes servant à produire un mélange intime des matières préparées comme il vient d'être dit.

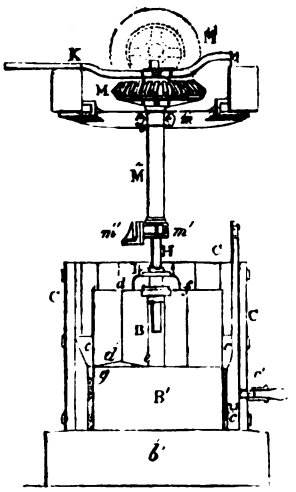
Les kaolins et les argiles sont préparés par un *lavage* par décantation. A cet effet on les laisse sécher, on les réduit en poudre grossière, soit à la batte à main, soit sous des meules verticales, on les humecte d'une petite quantité d'eau, on les laisse s'en pénétrer pendant vingt-quatre heures au moins, puis on les délaie en les faisant tomber dans une cuve pleine d'eau, et dans laquelle se meut un agitateur muni de bras. On laisse ensuite reposer quelques instants, puis on décante l'eau trouble dans des cuves de dépôt échelonnées, où on la laisse jusqu'à ce que les particules argileuses qu'elle tenait en suspension se soient déposées. Le délayage des argiles se fait bien plus facilement dans l'eau chaude que dans l'eau froide ; on y applique avec avantage l'eau de condensation de la machine à vapeur, lorsqu'il y en a une dans l'établissement.

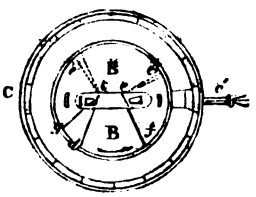
Les autres matières doivent être soumises à un

Digitized by Google

broyage. Avant de broyer le quarz, le silex et le feld-spath, on les *étonne*, c'est-à-dire on les chauffe fortement, et on les jette encore rouges dans de l'eau froide : on détruit ainsi leur ténacité et on les rend très friables. On les pile ensuite à sec, généralement, au moyen de meules verticales analogues à celles que nous avons décrites à l'article HUILE (figures 1210 et 1211, page 1950), et qui sont munies de râteaux qui ramènent sous les meules la matière qui n'est pas suffisamment broyée. On crible ensuite ces matières et on achève de les broyer sous des meules horizontales ; ces meules sont ordinairement

2157.

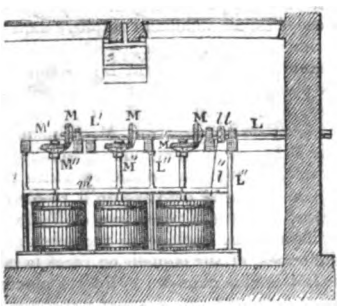




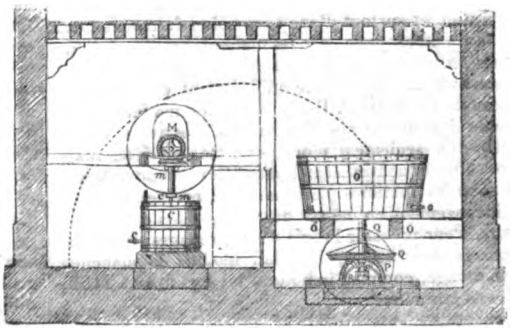
2156.

tourner la meule courante vient d'en haut, passe dans l'axe de la meule courante, qui est percé et garni d'un œil carré en fer, et vient s'appuyer sur une crapaudine encastrée dans la meule gisante.

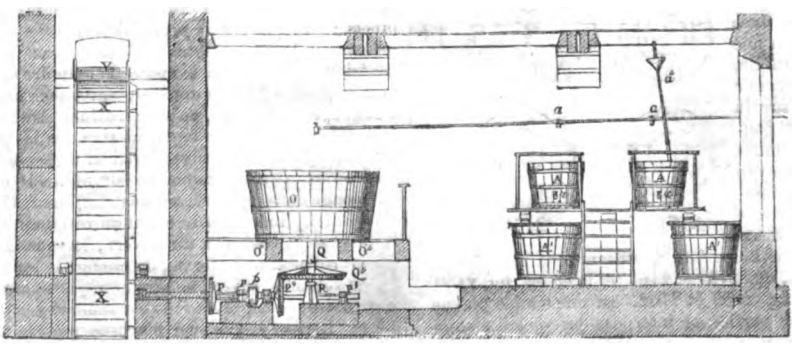
Nous donnerons, comme exemple, l'atelier de broyage établi à la Manufacture royale de porcelaine de Sèvres par M. John Hall, et qui se compose de trois petits moulins et d'un grand, comme l'indique l'élévation, fig. 2154. La manière dont ces petits moulins sont mis en mouvement est représentée dans l'élévation, figure 2155, prise à angle droit avec la précédente. Ces moulins eux-mêmes sont dessinés sur une échelle plus grande, en plan, fig. 2156, et en coupe, fig. 2157. Enfin la fig. 2158, prise à angle droit avec la fig. 2154, donne l'élévation de la roue hydraulique motrice, du grand moulin et des tonnes servant au lavage par dépôt des kaolins et des matières broyées. X, est la roue hydraulique motrice, et Y le déversoir qui l'alimente ; des manchons d'embrayage *ll* (fig. 2155) et *p* (figure 2158), permettent d'arrêter à volonté les meules, indépendamment de la roue hydraulique. Les meules des petits moulins (fig. 2156 et 2157) ont 0m,70 de diamètre. Ces moulins se composent d'une tonne en bois CC, sans fond, et reposant sur une plate-forme en pierre *b'* ; au-dessus se trouve la meule gisante B', qui laisse entre elle et les parois de la tonne un vide annulaire de 0m,10 environ, que l'on remplit presque entièrement avec une doublure en bois *c*, qui se termine en forme d'entonnoir à sa partie supérieure, afin de diriger entre les meules la matière à broyer ; on fait écouler les matières broyées par l'orifice *c'*, en avant duquel se trouve un registre que l'on tient fermé pendant le broyage. La meule courante B, a exactement le même diamètre que la meule gisante B' ; cette meule est quelquefois ovale, mais le plus souvent elle est circulaire, comme l'indique



2155.



2154.



2158.

en grès dur, en quarzite ou en granite. Elles sont quelquefois entièrement disposées comme les meules des *moulins à farine* ; d'autres fois, l'arbre qui fait

la figure. On y pratique alors une échancrure uniforme *d e f*, qui occupe environ 1/6 de sa circonférence, et on facilite l'engrenage de la matière à broyer entre les

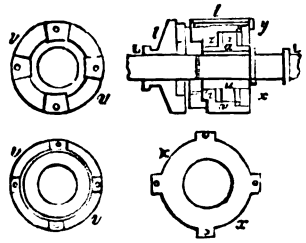
Digitized by Google

meules, en pratiquant dans la meule courante, à sa partie inférieure et du côté de l'échancrure qui vient dans le sens du mouvement, un biseau d'engrenage *d e g* ; on pique en outre cette meule en dessous. L'axe de rotation H, se termine à sa partie inférieure par une partie carrée qui passe dans un œil carré en fer, placé à la partie supérieure de la meule courante; il est guidé par un manchon M'', fixé par des supports *m*, *m'* et *m''*, au bâti de la machine; il se termine à sa partie supérieure par une partie carrée sur laquelle glisse un manchon qui porte la roue d'angle M, par le moyen de laquelle il reçoit son mouvement de rotation; une fourchette K, permet, suivant qu'on la soulève ou l'abaisse, de débrayer ou d'embrayer à volonté la meule. Neuve, chaque meule courante pèse environ 300 kil.; recouverte de 100 kil. de feldspath pulvérisé et de 50 kil. d'eau, elle perd environ 200 kil. de son poids et n'agit plus qu'avec une pression de 100 kil. Selon le docteur Ure, il convient de lui donner une vitesse de rotation de 11 à 12 tours par minute; on broie, dans ce cas, 100 k. de feldspath ou 75 kil. de quarz par quarante-huit heures et par meule. D'après M. Brongniart, on n'imprimerait généralement aux meules, en France, qu'une vitesse de 4 tours par minute, avec une charge de 40 à 80 kil. de matière à la fois, et, dans ces circonstances, on ne broierait que 60 kil. de sable siliceux, ou 80 kil. de feldspath, par quarante-huit heures.

Le grand moulin O, fig. 2154 et 2158, est une importation anglaise; la meule courante unique est remplacée par trois gros blocs de pierres dures, poussés par des bras ou palettes fixées à un arbre vertical mû par les roues d'angle P, Q, avec une vitesse de 8 tours par minute. Chaque pierre ou bloc mobile doit peser au moins 100 kil.; on peut avec ces moulins broyer 10 kil. de matière dure par heure.

Il arrive quelquefois, par suite d'un ralentissement trop grand, et surtout d'une suspension de mouvement vers la fin du broyage, que les matières broyées s'accumulent entre les meules, et les collent l'une avec l'autre avec une telle force qu'il devient extrêmement difficile de les séparer. Il n'y a que les matières pierreuses qui *plombent* ainsi les meules. Les terres et les argiles non seulement n'ont pas cette propriété, mais encore elles la neutralisent lorsqu'elles se trouvent mêlées avec les matières pierreuses. On pare en partie à cet inconvénient en mêlant du vinaigre à l'eau de délayage. Pour prévenir le bris des engrenages, en cas de plombage des meules, M. Hall modifie le manchon d'embrayage, comme l'indiquent les fig. 2159 à 2162; au lieu d'être d'une seule pièce, ces manchons se composent de trois parties, l'une *u* fixée à l'arbre L par une clef ou une saillie, et les deux autres *v* et *x*, folles sur la première, et pouvant être réunies ensemble au moyen de quatre boulons *y*; la partie *v* porte les dents d'embrayage et a une forme suffisamment indiquée par les élévations, fig. 2160 et 2161, et la coupe, fig. 2159; la partie *x*, fig. 2159 et 2162, est une simple plaque. Entre les trois parties, on interpose des rondelles annulaires en cuir, *z*, *z*, de sorte que l'adhérence des deux parties *v* et *x*, avec la partie *u*, est réglée et déterminée par le serrage des vis *y*, qui réunissent entre elles les deux premières parties. Lorsque l'effort résistant devient trop considérable, les faces intérieures des pièces *v* et *x* glissent sur les rondelles de cuir, qui peuvent même être carbonisées et détruites par la chaleur que dégage le frottement; les pièces *v* et *x* ne suivent plus alors le mouvement de la pièce *u*. On obtient ainsi un véritable débrayage, qui consiste à rendre le manchon d'embrayage fou sur une de ses parties, lorsque l'effort résistant dépasse certaines limites, et par l'effet même de cet effort.

2160. 2159.



2161. 2162.

Les matières broyées sont ensuite soumises au lavage par décantation, qui s'opère comme pour les matières plastiques; seulement le délayage est beaucoup plus facile.

La seconde série des opérations, que comporte la préparation des pâtes, a pour but d'obtenir un mélange aussi homogène que possible des matières premières préparées comme il vient d'être dit.

On commence par mélanger les matières premières dans une grande cuve, ou tonne à mélanger analogue à celles à mélanger le MORTIER, ou en opérant à bras avec des râbles, si la fabrication est restreinte; dans tous les cas, on doit employer les matières à l'état de bouillie claire, et opérer le mélange aussi rapidement que possible.

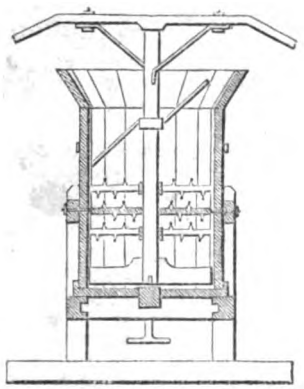
Pour rendre la pâte maniable et empêcher qu'elle ne se sépare par dépôt en parties d'inégales densités, il faut la faire *ressuer*, c'est-à-dire expulser une partie de l'eau qu'elle renferme et l'amener à la consistance pâteuse. L'*aérage* seul est généralement insuffisant. L'*absorption* de l'eau par des caisses en plâtre à parois épaisses dans lesquelles on verse la pâte, exige un matériel considérable et n'est guère praticable que pour les petites fabriques. On emploie très fréquemment l'*action du feu* pour le ressuage des pâtes, mais ce procédé est très coûteux. Enfin, dans ces derniers temps, MM. Honoré et Grouvelle ont imaginé de raffermir la pâte en la soumettant, dans des sacs de toile forte à tissu très serré, à une puissante pression par un moyen mécanique quelconque; ce procédé est actuellement employé dans presque toutes les fabriques de porcelaine; d'après M. Johnson, on augmente considérablement la durée des sacs de toile en les plongeant pendant quelque temps, avant de les employer, dans de l'huile bouillante, qui empêche l'eau d'y adhérer et de les pénétrer. M. Alluaud opère la filtration de l'eau par la pression atmosphérique; à cet effet, il a un entonnoir ou trémie en fonte munie d'une grille hémisphérique convexe qu'il recouvre de galets, par dessus lesquels il place une étoffe de laine serrée perméable à l'eau, quelquefois recouverte d'une grosse toile d'étoupes, et sur laquelle on verse la pâte à raffermir. On fait le vide dans des cylindres placés au-dessous de l'entonnoir, et la pression atmosphérique agissant sur la pâte force l'eau à filtrer à travers l'entonnoir. Les cylindres ci-dessus sont munis de trois robinets : l'un placé à la partie supérieure et communiquant avec l'air; un autre également placé à la partie supérieure, et servant à mettre le cylindre en communication tantôt avec l'entonnoir, tantôt avec un réservoir d'eau supérieur; enfin, un autre robinet placé à la partie inférieure, et mû par la même tige que le précédent, communique avec un tuyau vertical de décharge placé au-dessous, ayant au moins de 10m,50 à 11m de long, et qui plonge dans un réservoir d'eau inférieur. On remplit d'abord le cylindre d'eau venant du réservoir supérieur, en laissant le robinet à air ouvert; lorsque l'eau jaillit par ce robinet, on le ferme, on change le sens des deux autres robinets, et le vide barométrique se produit dans le cylindre; le degré de vide est indiqué par un manomètre. Lorsqu'il y a une machine ou une chaudière à vapeur dans l'établissement, on peut produire le vide dans les cylindres, comme l'a fait M. de Caen, dans sa fabrique de faïence, de la même manière que dans les appareils à cuire les sirops dans le vide (voyez SUCRE).

La pâte, après le ressuage, est encore pétrie, soit

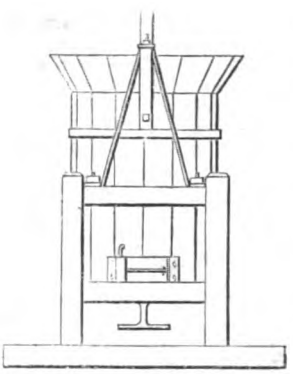
Digitized by Google

avec les pieds de l'ouvrier, opération connue sous le nom de *marchage*, soit par le *battage* à la main, soit enfin au moyen de tonnes à mélanger (figures 2163 à 2167).

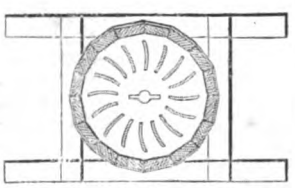
2165.



2164.









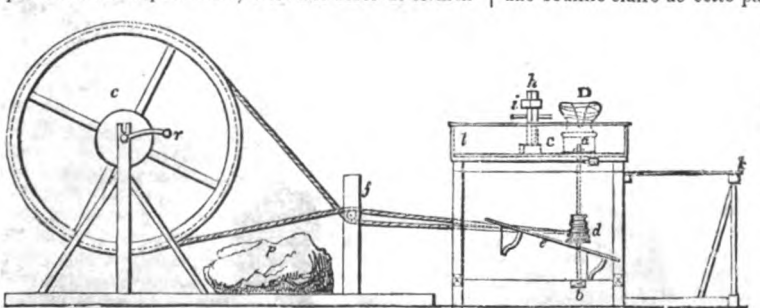
2166.



2167.

2163.

Enfin, on améliore notablement la qualité des pâtes en les conservant en masse pendant longtemps, souvent même des années entières, dans un état constant d'humidité. Elles éprouvent alors pour la plupart ce qu'on nomme la *pourriture;* c'est une sorte de fermentation que l'on accélère en humectant les pâtes avec des eaux de fumier ou des eaux marécageuses. Les pâtes deviennent noires et exhalent une odeur d'hydrogène sulfuré. Lorsqu'on en prend une faible partie et qu'on l'expose au contact de l'air, elle blanchit rapidement avec dégagement d'acide carbonique. Le dégagement de gaz qui se produit pendant la pourriture des pâtes, par suite de la putréfaction des matières organiques contenues dans l'eau, produirait, selon M. Brongniart, une espèce de pétrissage plus complet, ce qui expliquerait pourquoi les pâtes acquièrent par la pourriture plus de plasticité et d'homogénéité, en même temps qu'elles prennent un retrait moindre et plus régulier que les pâtes neuves.



2168.

Façonnage des pâtes.

Le façonnage des pâtes se fait de trois manières différentes, par tournage, moulage et coulage.

L'*ébauchage* des pièces se fait ordinairement sur un *tour à axe vertical;* à la partie inférieure cet axe porte une roue massive qui sert de volant, et que l'ouvrier met en mouvement avec le pied. Lorsque l'ouvrier a de grandes pièces à exécuter, le tour est mis en mouvement par un autre ouvrier au moyen d'une manivelle. Nous donnerons, comme exemple de ce dernier genre de tour, le tour anglais (fig. 2168) à ébaucher la faïence fine : C, est la caisse ou table du tour; *a*, tête du tour; *a b*, axe vertical du tour; *c*, roue motrice mue par un aide qui agit sur la manivelle *r; p*, grosse pierre qui sert à fixer le traîneau de la roue *c; f*, poulie à plusieurs gorges sur laquelle passe la corde sans fin en se croisant : *d*, autre poulie à gorge fixée sur l'axe du tour, et sur laquelle passe la corde sans fin; *k*, banquette sur laquelle est assis le tourneur; *e*, banquette oblique sur laquelle le tourneur place ses pieds; *l*, rebords servant à retenir les éclaboussures de la pâte; *h i*, instrument mensurateur de l'ébauche; D, pièce de pâte en partie ébauchée sur le tour. Lorsqu'on a un grand nombre de tours à faire marcher à la fois, on emploie comme moteur commun une roue hydraulique ou une machine à vapeur.

Pour *ébaucher au tour* une pâte quelconque, l'ouvrier prend une masse de pâte humide proportionnée à la pièce qu'il veut faire, il la met sur la tête du tour, mouille ses mains avec de la *barbotine*, c'est-à-dire avec une bouillie claire de cette pâte, met le tour en mouvement, et amène peu à peu la pâte à prendre la forme voulue en se servant de ses mains, et souvent d'une éponge qui est destinée à étendre la surface de ses doigts. Un seul instant passé dans une fabrique de poteries fera mieux comprendre cette opération que les descriptions les plus détaillées. On augmente au besoin la hauteur de la pièce ébauchée, en rapportant successivement des colombins de pâte à sa partie supérieure. La principale difficulté de l'ébauchage au tour, consiste à mouiller et à comprimer bien également la pâte à mesure que l'on élève la pièce; sans cela, celle-ci se déforme plus ou moins et même se fêle par la cuisson.

Certaines pièces, par leurs dimensions, ne peuvent s'ébaucher sur le tour; on les élève alors à la main, au moyen de colombins ou boudins de pâte successivement rapportés.

Les modèles pour le moulage se font en plâtre gâché serré et pénétré d'huile siccative pour les durcir, ou en métal, étain ou bronze. Sur ces modèles types, on prend des contre-épreuves ou *mères* en plâtre qui, surmoulées à leur tour, donnent les *moules* destinés à

Digitized by Google

la fabrication. Ces moules se font en plâtre, ou en terre cuite chauffée au *dégourdi;* il faut noter qu'à chaque moulage en plâtre, l'augmentation des dimensions linéaires est de 1/100, tandis qu'au contraire, il y a retrait pour le moulage en terre cuite.

Suivant l'objet que l'on veut mouler, le moulage se fait à la balle, en croûte, ou en housse : le *moulage à la balle* se fait en préparant à la main des balles de pâte que l'on imprime dans les cavités des coquilles du moule, en se servant d'une toile ou d'une éponge; si la pièce doit être pleine, on met un excès de pâte, puis on applique les deux coquilles l'une contre l'autre en les serrant fortement, et l'excès de pâte s'échappe par une rigole ménagée à cet effet; si la pièce doit être creuse, on moule la pâte à l'épaisseur convenable, puis avant de remonter les coquilles, on en garnit les bords de barbotine pour éviter les bavures trop fortes et augmenter l'adhésion de la pâte aux joints. Lorsque la pâte est trop courte, on lui donne du liant en y ajoutant une petite quantité de gomme arabique ou de colle de farine. Le *moulage à la croûte* consiste à préparer au rouleau sur une toile forte ou une peau mouillée et placée sur une table en pierre, bien dressée, une *croûte* ou lame de pâte d'épaisseur convenable, que l'on soulève ensuite à l'aide de la peau, pour l'appliquer avec une éponge sur la convexité du noyau en plâtre préalablement mouillé ; on recouvre alors le noyau avec le moule creux qui doit former l'extérieur de la pièce et qui, étant plus sec, enlève la croûte au noyau ; on continue de l'y appliquer d'abord avec l'éponge, puis avec des tampons remplis de poussière de la même pâte; par la dessiccation et le retrait qui en résulte, la pièce se détache d'elle-même du moule. Le *moulage à la housse* consiste à faire d'abord sur le tour une ébauche ou *housse* de la pièce à fabriquer, puis à la placer encore molle dans un moule de plâtre creux, contre les parois de laquelle on l'applique exactement au moyen d'une éponge. Ce procédé, qui convient particulièrement pour les pâtes délicates et surtout pour les pâtes à porcelaine, ne peut s'appliquer qu'à certaines classes de formes. Quel que soit le genre de moulage employé, il est nécessaire de changer de moules dès que ceux-ci sont abreuvés d'humidité, parce qu'alors ils ne peuvent plus absorber celle de la pâte qui devient adhérente au moule et ne peut plus s'en détacher aisément ; il faut dans ce cas les laisser sécher avant de s'en servir de nouveau. Le *démoulage* ne s'opère que lorsque la pâte a acquis assez de solidité pour ne pas se déformer par son propre poids. Le *moulage à la presse* paraît ne réussir que pour des objets de dimensions très faibles ; le moule proprement dit est en métal, ou en plâtre ou terre cuite, cerclé en fer, et d'une seule pièce ou composé de plusieurs parties, selon les exigences du démoulage ; le noyau, monté sur la vis de la presse, est en métal ; le fond du moule est formé par une capsule mobile à volonté, ordinairement par le mouvement même de la presse, et qui sert à enlever la pièce du moule. Pour empêcher l'adhérence de la pâte avec les surfaces métalliques, on enduit celles-ci avec de l'essence de térébenthine. Le grand inconvénient de ce procédé, c'est que la masse acquiert une inégale densité, d'où résultent des gauchissements d'autant plus sensibles que la température à laquelle s'opère la cuisson est plus élevée.

Les pièces de service qui ont la forme d'un solide de révolution, et qui doivent se faire en grand nombre et avec des dimensions et une épaisseur absolument égales, après avoir été ébauchées sur le tour, soit à la croute, soit à la housse, sont soumises au *calibrage*, qui consiste à abaisser sur la pièce un calibre qui présente à son bord interne le profil exact, découpé dans une lame d'acier, de la forme, soit du dedans, soit du dehors de la pièce, de manière à lui donner à la fois exactement l'épaisseur et les contours qu'elle doit avoir. Pour que le calibre puisse prendre une position invariable, il est fixé à charnière par une de ses extrémités, tandis que l'autre vient s'appuyer sur un support convenable.

Le procédé de *moulage* par coulage ne s'applique qu'aux pâtes moyennement ou peu plastiques, et sert à mouler des plaques et des objets creux d'une épaisseur uniforme, tels que tubes, cornues, etc. ; il est surtout employé dans les manufactures de porcelaine. La pâte neuve est mêlée avec la moitié de son poids de rognures de pâte venant du tournassage des pièces, puis étendue d'eau de manière à former une bouillie peu épaisse, dite *barbotine*, que l'on passe dans un tamis de fil de laiton, et que l'on agite doucement et longtemps jusqu'à ce qu'elle ait acquis l'homogénéité voulue. Le *coulage des plaques* de porcelaine se fait sur des plaques de plâtre humectées, garnies d'une bordure en planches; dès que, par suite de l'absorption du moule, la pâte a acquis assez de consistance, on enlève les planches de bordure, on coupe sur les bords une bande de pâte de 0m,05 au moins, pour les grandes plaques, afin de faciliter le retrait, on retourne la plaque de pâte sur une seconde plaque de plâtre très sèche, et au bout de dix à quinze jours, selon son état de dessiccation, on la renverse sur une plaque de terre cuite, et on la porte dans le four à dégourdir, où on la place sous une inclinaison de 45°. Lorsque les plaques ont des dimensions un peu considérables, leur fabrication est très délicate et offre de nombreuses difficultés. Le *coulage des tubes* se fait dans des moules formés de deux coquilles, que l'on réunit ensemble et que l'on dispose verticalement ; on bouche la partie inférieure du moule avec un tampon légèrement conique en peau. A l'aide d'un baquet à robinet, plein de barbotine, on remplit le moule de barbotine ; elle s'affaisse un peu, et on la remet de niveau par plusieurs additions successives de matière jusqu'à ce qu'elle ne s'affaisse plus sensiblement; on enlève alors le moule de dessus le tampon, la barbotine non adhérente s'écoule, et il en reste une couche très mince sur les parois du moule. Lorsque cette couche s'est un peu raffermie, on en superpose une seconde, en ayant soin de retourner le moule, et ainsi de suite, jusqu'à ce que le tube ait une épaisseur suffisante ; on coupe alors la pâte extérieure au moule pour faciliter le retrait, et, après quelques heures, la pâte est assez raffermie pour que l'on puisse opérer le démoulage; les bavures de la jonction des deux coquilles du moule s'enlèvent après coup. Lorsque l'on a à faire des pièces creuses d'un diamètre ou d'une hauteur considérable, on les coule en syphon, de bas en haut, soit par la simple pression due à la différence du niveau, soit en refoulant la barbotine au moyen d'un piston. Le *coulage des cornues* et autres pièces à courbures se fait différemment : le moule est à deux coquilles, on surmonte chacune d'elles d'une fausse coquille en métal ou autre matière non absorbante, et on coule séparément la barbotine dans chaque coquille ; dès que la couche de pâte déposée est assez épaisse, on ôte les deux fausses coquilles, et on réunit les deux coquilles en écrasant le petit rebord de pâte saillant, et cimentant ainsi parfaitement les jointures ; on termine enfin en passant dans la pièce un peu de barbotine que l'on déverse ensuite par l'ouverture.

Les pièces ébauchées par les procédés qui viennent d'être décrits sont terminées par le *rachevage*, qui comprend une série d'opérations variables suivant la nature de ces pièces. Les pièces ébauchées sur le tour à axe vertical, sont terminées et polies sur un tour à axe horizontal ou vertical, au moyen d'outils d'acier ou *tournassins;* c'est ainsi que se font les filets, les gorges, etc. : cette opération porte le nom de *tournassage*. Certains ornements, par suite des nécessités du moulage, doivent subir un véritable *sculptage*, analogue à celui que l'on fait savoir aux bronzes moulés. Le *réparage* consiste à enlever les sutures des moules ; l'*évidage*

Digitized by Google

a pour but de faire les *jours*, qui, dans certaines pièces, comme les corbeilles, n'ont pu se faire par le moulage. Certains ornements se font au moyen du tour à guillocher ; d'autres s'impriment avec des molettes ou s'estampent avec des cachets.

On n'obtient ainsi que le corps des pièces ; les pièces accessoires ou *garnitures*, telles que les becs, pieds, anses, etc., se font à part par moulage, ou par *tirage*, à la filière, d'une manière analogue au vermicelle, quand leur section est uniforme. Lorsque le corps de la pièce et la garniture sont également humides, on les réunit aisément avec de la barbotine ; mais lorsqu'elles sont sèches, il faut avoir soin de gommer la barbotine et d'enduire également d'eau gommée les surfaces d'application.

Glaçures.

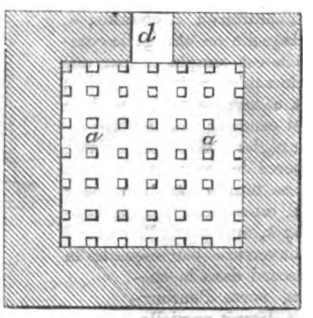
Les *glaçures* sont des enduits susceptibles de se vitrifier à la température de cuisson de la poterie ; elles se divisent en : *vernis*, enduit plombifère transparent, qui se fond à une basse température ; *émail*, enduit stannifère opaque ; *couverte*, enduit terreux, qui ne se fond qu'à la température de la cuisson de la pâte. Ces enduits ont pour but de rendre la pâte imperméable et de lui donner un certain éclat. Leur nature doit varier avec celle de la pâte sur laquelle on les applique, ainsi qu'avec la température à laquelle on doit la cuire ; nous en parlerons par conséquent à l'article de chaque espèce de poteries. Le posage de ces enduits se fait par immersion, par arrosement ou par volatilisation. Le procédé de *posage par immersion* ne peut s'appliquer qu'aux pâtes assez poreuses pour absorber l'eau avec avidité, et assez solides pour ne pas se délayer ; on les rend telles en leur faisant subir un commencement de cuisson ou *dégourdi* ; l'enduit, réduit en poudre extrêmement ténue, est mis en suspension dans l'eau, de manière à former une bouillie très liquide que l'on agite fréquemment, et à laquelle on ajoute même un peu de vinaigre qui retarde la précipitation. En passant la pièce à enduire dans le liquide trouble, elle absorbe de l'eau qui dépose à sa surface, en pénétrant dans son intérieur, les particules d'enduit qu'elle tenait en suspension. Les parties par lesquelles on tient la pièce ne prennent point de glaçure ; on l'y met après coup au pinceau. On enlève avec une brosse, ou par grattage, la couverte des parties qui n'en doivent point avoir, soit parce que les pièces se colleraient par ces parties, lors de la cuisson, aux cazettes dans lesquelles on les place, soit pour toute autre cause ; lorsque ce sont des ornements qui doivent rester mats, on les enduit d'une *réserve* en matière grasse : de la graisse fondue ou du suif. Lorsque la pâte est complétement cuite, on ne peut poser la glaçure par immersion ; au lieu d'une bouillie très claire de l'enduit, on en prend une bouillie assez épaisse que l'on promène dans l'intérieur de la pièce à vernir, puis on en fait tomber l'excédant : ce procédé, dit par *arrosement*, s'applique surtout aux porcelaines tendres et aux grès. Quant aux poteries les plus grossières qui ne doivent passer qu'une fois au feu, on les saupoudre simplement avec un enduit plombeux pulvérisé et renfermé dans un nouet (posage par *aspersion*). Le posage par *volatilisation* consiste à remplir le four ou les cazettes d'une vapeur saline ou métallique, qui réagit sur les pièces, portées à une température élevée, et en vitrifie la surface. Lorsqu'on opère sur toute une fournée, on jette dans le four, après avoir fermé toutes les issues, du sel marin qui se volatilise, et vient former à la surface des pièces un enduit très solide et très mince de silicate multiple de soude, alumine, etc. (poteries de grès) ; dans l'autre cas, on enduit la surface intérieure des cazettes ou étuis, avec la matière volatilisable qui doit produire la glaçure.

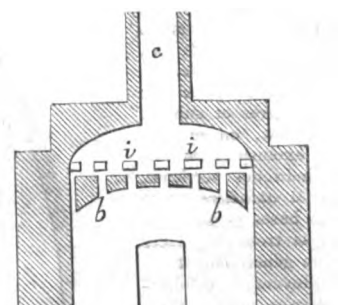
D'après ce que nous venons de dire, on voit que les poteries, glaçure comprise, subissent, soit une seule cuisson, soit une cuisson double. On soumet à une seule cuisson, faite à une basse température, les poteries communes à pâte colorée, que l'on recouvre d'un vernis plombeux transparent ; on cuit également à un seul feu, mais à une haute température, les poteries de grès, et quelquefois les porcelaines dures ; pour ces dernières, on les dégourdit ordinairement dans un compartiment supérieur du four avant d'appliquer la couverte. Il arrive souvent que la cuisson de la pâte exige une chaleur plus élevée que la glaçure ; on cuit alors le *biscuit* dans l'étage inférieur du four, on y pose la couverte et on la cuit dans l'étage supérieur ; tantôt cet enduit est vitro-métallique et transparent (faïence fine, porcelaine tendre), tantôt c'est un émail stannifère opaque (faïence émaillée).

Cuisson des pâtes.

Sauf le cas des briques, qui se cuisent généralement en tas, la cuisson des poteries se fait dans des fours. Les poteries grossières et les faïences communes, se cuisent dans des fours ayant la forme d'un demi-cylindre couché ou d'un parallélipipède voûté à la partie supérieure, où sont pratiquées des ouvertures qui font l'office de cheminées ; le foyer est inférieur, séparé du laboratoire par une voûte percée de trous par lesquels la flamme se

2169.





2170.

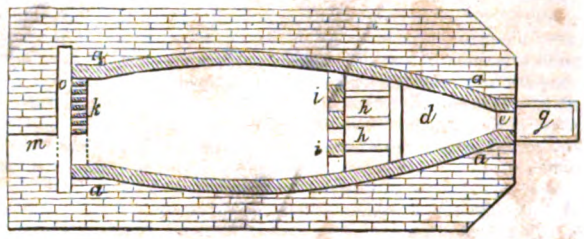
tamise dans l'intérieur du four. Les fig. 2169 et 2170 donnent le plan et la coupe d'un fourneau de ce genre. Lorsqu'on emploie de la houille, on la charge sur une

Digitized by Google

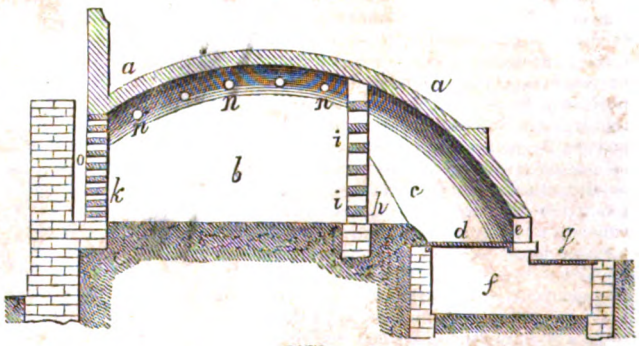
ou deux grilles *e*, *e*; lorsqu'on chauffe au bois, la grille est supprimée et remplacée par une aire plane. La flamme se tamise dans le four par les ouvertures *a*, *a*; elle s'échappe ensuite par les carneaux *b*, *b*, et se rend dans la cheminée commune *c*. Des regards *i*, *i*, bouchés par des briques mobiles, ou par tout autre moyen, permettent d'examiner la manière dont se fait la distribution de la flamme dans l'intérieur du four, et de la régulariser en bouchant un ou plusieurs des carneaux *b*, *b*.

On se servait autrefois pour la cuisson de la porcelaine, et on se sert encore dans certaines localités pour la cuisson des faïences et des poteries de grès, de fours à réverbère, à chauffe latérale, et à cheminée unique placée à l'autre extrémité du four. On peut y développer une température beaucoup plus élevée que dans les fours précédents, mais elle se trouve très inégalement répartie dans plusieurs parties du four, ce qui est un grave inconvénient. Les fig. 2171 et 2172 donnent le plan et la coupe d'un fourneau de ce genre employé en Allemagne : *a a*, voûte du fourneau ; *b*, laboratoire ; *c*, chauffe ; *d*, grille sur laquelle on charge le combustible (elle est remplacée par une aile plane lorsqu'on chauffe au bois) ; *e*, porte du chargement ; *f*, cendrier ; *g*, porte du cendrier munie d'un registre pour régler l'affluence de l'air ; *i*, *i*, mur percé de trous par lesquels la flamme se tamise dans l'intérieur du four ; il est soutenu par des contre-forts *h* ; *k*, mur percé d'un grand nombre d'ouvertures par lesquelles la flamme descend dans la cheminée *o* ; *m*, porte d'enfournement ; on détruit partiellement le mur *k* pour l'enfournement et on le rétablit avant la mise en feu ; *n*, regards servant à juger l'état du feu, à retirer les *montres*, etc.

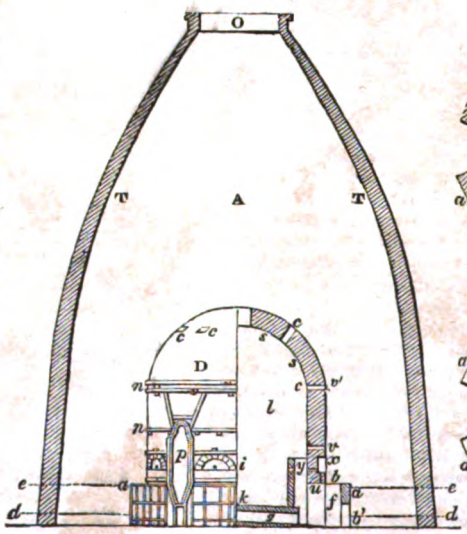
Actuellement pour la faïence, les grès et surtout les porcelaines, on se sert presque exclusivement de fours cylindriques verticaux dits *fours à alandiers*, parce qu'à leurs bases et sur leur pourtour se trouvent placés un nombre généralement impair de foyers à combustion renversée, qui portent le nom d'alandiers. Nous prendrons pour exemple le four à alandiers employé en Angleterre pour la cuisson des faïences fines. La fig. 2173 est, en partie une coupe, en partie une élévation verticale de ce four ; la fig. 2174 est une coupe horizontale au niveau de la ligne *dd*, fig. 2173 ; C, fig. 2175, est une coupe horizontale de la moitié du four au niveau de la ligne *a e*, fig. 2173 ; et D, même figure, la vue en dessus de l'autre moitié du four ; enfin les fig. 2176 et 2177 donnent, sur une plus grande échelle, le plan et la coupe d'un alandier ; les échelles sont en yards (1 yard = 0m,915) : *f*, foyer ; *b*, bouche supérieure par laquelle l'air s'introduit dans le foyer ; *b'*, bouche inférieure qu'on laisse ouverte pour allumer le feu, et que l'on ferme ensuite entièrement ou seulement en partie : on brûle de la houille, mais il convient d'allumer avec du bois ; *s s*, mur du four ; *y*, *y*, cheminée ; *g*, canaux de circulation de la flamme, au-dessous



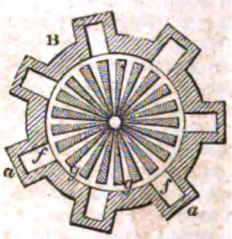
2171.



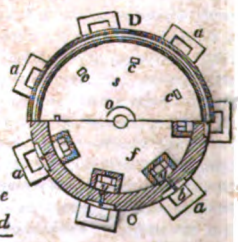
2172.



2173.



2174.

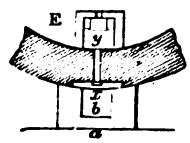


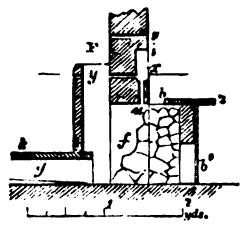
2175.

Digitized by Google

du plancher du four, se réunissant au centre *k*; *x*, *v*, *v'*, regards pour examiner l'état du feu et régulariser le tirage des alandiers; *c*, *c*, carneaux par lesquels s'échappe la flamme; T T, dôme qui entoure le four et sert de cheminée centrale; *n*, *n*, *p*, armatures du fourneau; *u*, ouverture pour admettre au besoin de l'air frais dans la chauffe; *z*, registre pour fermer plus ou moins la bouche *b*.

2176.

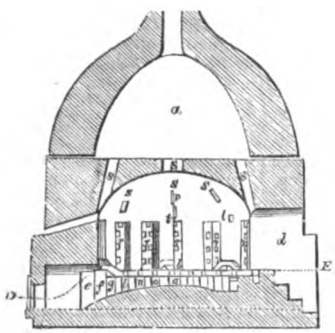


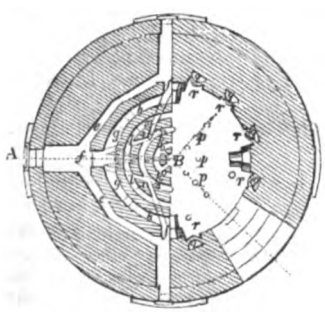


2177.

Nous donnerons encore comme exemple le four employé par Feilner, de Berlin, pour la cuisson des ornements, statues, etc., en terre cuite non recouverte d'une glaçure. Ce four est représenté, en plan, fig. 2178 et 2179 : il a quatre alandiers; le canal extérieur de

2179.





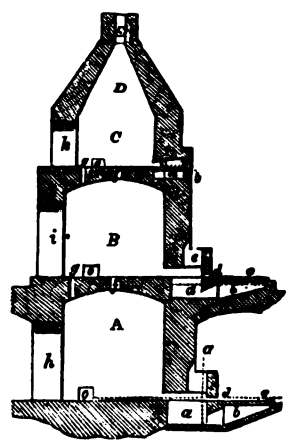
2178.

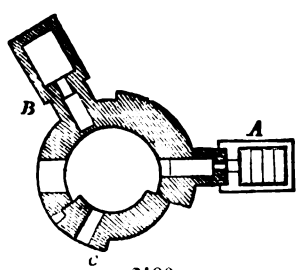
circulation de la flamme *e e*, communique avec les quatre alandiers. Les deux canaux suivants sont divisés par de petits murs en quatre compartiments, qui reçoivent chacun séparément la flamme de l'un des alandiers; ainsi l'alandier A ne chauffe que les compartiments *g g*, *l l*. La flamme des divers alandiers se réunit de nouveau dans les canaux *n n*, *o o*, d'où elle se rend dans la cheminée *b*; elle se tamise dans le laboratoire par les ouvertures *p*, *p*. On régularise la température dans l'intérieur du four et on prévient le refroidissement dû aux parois, en pratiquant dans ces parois des chambres *q*, *q*, séparées de l'intérieur du four par de minces cloisons percées de trous *r*, *r*; la flamme arrive dans ces chambres par le canal de circulation extérieur *e*, *e*; *d*, est la porte d'enfournement que l'on bouche après coup; *t*, *t*, regards pour surveiller et régler la conduite du feu; S, S, carneaux qui débouchent dans un étage supérieur qui sert à dégourdir.

Les fours à porcelaine ont également un second étage placé au-dessus du premier, et dans lequel s'opère le dégourdi. Nous en avons vu à trois étages superposés, chez MM. Haidinger, en Bohême : la flamme de l'étage inférieur passait successivement dans les deux étages supérieurs, et s'échappait enfin par une cheminée qui s'élevait au-dessus du massif du four : dans l'étage inférieur, on cuit la porcelaine avec sa couverte, ou lui donne le grand feu; le dégourdi se fait à l'étage supérieur, dans les cazettes mêmes qui doivent servir plus tard au grand feu; et enfin, l'étage moyen sert à étonner le quarz et le feldspath employés à la fabrication de la pâte.

On a construit dernièrement des fours à alandiers, à plusieurs étages, ayant des alandiers à deux au moins de ces étages; on réalise ainsi une économie notable sur le combustible. C'est dans un four de ce genre, à deux étages de foyers et à huit alandiers, que l'on cuit la porcelaine dure à Sèvres, depuis 1842; il y a un troisième étage, chauffé à flamme perdue, qui sert à dégourdir le biscuit. Nous donnons ici le plan, fig. 2180, et la coupe, fig. 2181, d'un four analogue, à trois étages de foyers et neuf alandiers, employé à Berlin, par M. Albrecht, pour la cuisson des poteries de grès et des briques réfractaires : A, étage inférieur; B, étage moyen; B, étage supérieur; *ab*, alandiers; *e*, foyers; *a*, cendriers; *b*, portes des cendriers; *d*, regards; *f*, carneaux aux centres des voûtes; *g*, carneaux latéraux; *h*, *i*, *k*, portes d'enfournement; *h*, grilles pour les foyers ou alandiers de l'étage supérieur; *m*, cendriers de ces foyers; *a*, ouverture des alandiers dans l'intérieur du four; D, voûte de l'étage supérieur aboutissant à la cheminée E. On allume d'abord les alandiers de l'étage inférieur avec du bois résineux fendu très mince; lorsque la cuisson est terminée dans cet étage, on bouche les portes des alandiers qui y correspondent et on allume ceux de l'étage moyen, et, de même, plus tard, ceux de l'étage supérieur.

2181.





2180.

Quelques poteries communes peuvent se cuire pêle-mêle dans les fours et en se supportant mutuellement, lorsqu'elles sont en biscuit, c'est-à-dire non recouvertes d'une glaçure; mais dans le cas contraire, il est indispensable de les séparer au moyen de supports ou même en les plaçant dans des étuis qui les enveloppent entièrement. Ces supports dits *rondeaux* quand ce sont seulement des plaques, *étuis* ou *cazettes* dans les autres cas, sont en pâte grossière afin de mieux résister aux

Digitized by Google

variations brusques de température, et cette pâte doit être plus difficile à ramollir et par conséquent plus réfractaire que les poteries qu'on doit y placer; on conçoit dès lors que pour certaines poteries qui se cuisent à une température très élevée, comme les porcelaines et les grès, les supports et étuis ne peuvent se fabriquer qu'avec des argiles extrêmement réfractaires, bien lavées et auxquelles on ajoute du *ciment* ou débris d'anciennes cazettes cuites grossièrement pulvérisés.

L'*encastage*, ou l'action de placer les pièces à cuire sur des supports ou dans des étuis, varie suivant que la pâte est ou non ramollissable au feu.

Lorsque la température de cuisson est insuffisante pour que les poteries se ramollissent au feu, et lorsqu'elles n'ont aucun vernis; tantôt on les empile sur la sole du four, quand les pièces sont assez épaisses pour que celles qui sont à la base puissent supporter sans déformation le poids des pièces supérieures; tantôt, dans le cas contraire, on emploie l'encastage en *échappage* ou en *chapelle*, qui consiste à diviser la hauteur du four par plusieurs planchers formés de plaques de terre cuite supportés par des piliers de même nature, et sur lesquelles on entasse les pièces à cuire; tantôt enfin on les met dans des étuis ou cazettes, qui n'ont pour objet que de les garantir, de l'action trop immédiate de la flamme, de la fumée et des cendres qui pourraient en altérer ou en colorer la surface : c'est par l'une de ces méthodes que l'on encaste les poteries sans glaçures, comme les poteries grossières, le biscuit de faïence, le dégourdi de porcelaine. Mais si ces poteries sont recouvertes d'un vernis vitrifiable, on les dispose de manière à ce qu'elles ne puissent se toucher et à ce qu'elles aient le moins possible de points de contact avec leurs supports, qui présentent des pointes ou des arêtes aiguës, et sur lesquels on les place généralement de telle sorte qu'elles se trouvent supportées par trois points : ces supports portent, suivant leur forme, le nom de pernettes, de colifichets ou de pattes de coq.

L'encastage des poteries dont la pâte est ramollissable à la température à laquelle s'opère la cuisson, est une chose beaucoup plus délicate. Il est indispensable de soutenir les pièces par une surface ou des points tellement choisis et en nombre suffisant pour qu'il n'y ait presque pas de porte-à-faux ni de parties en saillie susceptibles de se déformer par le ramollissement; il en résulte des difficultés énormes pour la cuisson de certaines pièces, et cette considération a une grande influence sur le choix des formes de cette espèce de poteries : nous y reviendrons en parlant de la porcelaine dure. Les difficultés d'encastage deviennent encore bien plus grandes lorsque ces poteries sont recouvertes d'une glaçure qui se cuit au même feu; c'est même pour les éviter en partie qu'on a fait de la porcelaine tendre dont la glaçure se cuit à une température inférieure à celle qu'exige le biscuit et dans un autre feu.

L'encastage terminé, on procède à l'*enfournement*; ce dernier se fait *en charge*, quand on entasse seulement les pièces les unes sur les autres (briques, tuiles, poteries communes); en *échappade* ou en *chapelle*, quand on emploie l'encastage du même nom (faïences communes); en *étuis* ou *cazettes*, quand les pièces sont placées dans des étuis que l'on range en piles verticales dans l'intérieur du four (faïence fine, porcelaine); quel que soit le mode d'enfournement employé, il faut que la flamme puisse circuler également et librement entre toutes les pièces; comme, malgré tous les soins, certaines parties du four chauffent toujours plus que les autres, on y place les poteries plates qui exigent plus de feu que les poteries creuses et celles qui repassent au feu pour une cause quelconque.

Pour la cuisson de la porcelaine, on emploie généralement du bois séché à l'air; nous avons cependant vu employer du lignite, en Bohême, et de la houille, en Saxe. Quant aux autres poteries, le choix du combustible n'est déterminé que par la comparaison de son prix de revient à l'usine avec son effet calorifique.

Les regards qui sont ménagés sur les parois des fours permettent de reconnaître si les foyers ou les alandiers tirent également bien et d'en régulariser la marche; outre la couleur du four, qui suffit souvent à un potier exercé pour reconnaître si la température du four est assez élevée, on l'apprécie, soit au moyen de *montres* ou petites pièces de poteries, de la même pâte que celle de la fournée, et qu'on a introduites avant la mise en feu dans des parties du four dont on peut aisément les retirer, soit par le glacé que prend une couverte mise sur cette pâte ou la nuance que certains vernis colorés prennent à différentes températures : le premier procédé accuse, outre la température du four, l'état de cuisson de la fournée.

Division des poteries.

Dans le remarquable ouvrage que nous avons cité au commencement de cet article, M. Brongniart divise les poteries en trois classes et neuf ordres, savoir :

I. *Poteries à pâte tendre*, argilo-sableuse, calcarifère, généralement fusible au feu de porcelaine,
- 1° *Terres cuites* (briques, tuiles, terres cuites).—Pâte argilo-sableuse, surface matte; sans glaçure.
- 2° *Poteries lustrées*.— Glaçure mince, silico-alcaline.
- 3° *Poteries vernissées*.—Glaçure plombifère.
- 4° *Poteries émaillées* (faïence commune). — Glaçure stannifère.

II. *Poteries à pâte dure*, opaque, argilo-siliceuse; infusible.
- 5° *Faïence fine*. — Pâte incolore; glaçure vitro-plombique.
- 6° *Grès-cérame*. — Pâte colorée; sans glaçure ou avec glaçure silico-alcaline.

III. *Poteries à pâte dure*, translucide, argilo-siliceuse, alcaline, ramollissable.
- 7° *Porcelaine dure*. — Pâte kaolinique; glaçure feldspathique.
- 8° *Porcelaine tendre naturelle*. — Pâte argilo-saline, phosphatique, kaolinique; glaçure vitro-plombique, boracique.
- 9° *Porcelaine tendre artificielle*.—Pâte marno-saline, frittée; glaçure vitro-plombique.

Nous ne saurions mieux faire que d'adopter la même division.

I. POTERIES A PATE TENDRE.

1° *Terres cuites.*

La pâte de ces poteries est ordinairement peu dure, d'une texture lâche et poreuse; elle se fait avec de l'argile figuline ou de la marne argileuse, marchée ou malaxée dans une *tinne* ou tonne à corroyer, rarement lavée, et dégraissée avec du sable, du ciment ou des escarbilles; la cuisson se fait en tas ou dans des fours à foyer inférieur.

Briques. Les briques sont probablement les premiers objets en terre cuite que l'on ait su fabriquer, et ce sont certainement ceux dont la forme est la plus simple. Nous nous sommes déjà occupé de leur fabrication dans un article séparé, de sorte qu'il ne nous restera que peu de choses à ajouter. Les briques communes peuvent se faire avec toutes sortes de terres argileuses que l'on dégraisse au besoin, comme nous venons de le dire; les briques réfractaires au contraire exigent l'emploi d'une argile plastique très pure, mélangée de ciment de la même argile. Généralement on ne lave pas la terre à briques; on la marche ou on la corroie dans une tinne. On moule presque toujours les briques à la main; nous avons décrit, à l'article BRIQUE, quelques-unes des principales machines inventées pour les faire par pro-

Digitized by Google

cédés mécaniques, nous mentionnerons encore ici la machine établie par M. Carville, à Moulineaux, près Paris: une chaîne sans fin traînant les moules en fonte joints à charnière les uns aux autres, les fait passer sous la base d'une tonne à corroyer, qui y décharge, par une ouverture latérale, une partie de la pâte qu'elle renferme; à la suite de la tinne se trouve un rouleau qui comprime la pâte dans les moules et, plus loin, un refouloir qui opère le démoulage de haut en bas et dépose les briques sur des planchettes conduites par une chaîne sans fin placée dans une direction rectangulaire à celle qui porte les moules, et qui les amène jusque sur la brouette qui sert à les transporter au séchoir. Des trémies convenablement placées servent à sabler les moules; un filet d'eau tombe continuellement sur le rouleau compresseur et empêche la pâte de s'y attacher; enfin les moules se lavent dans un bac rempli d'eau, placé à la partie inférieure de la chaîne sans fin, avant de repasser sous la tinne. La cuisson des briques à la houille se fait le plus souvent en tas, par la méthode flamande. La cuisson au bois et à la tourbe se fait toujours dans des fours. Généralement on juge de la qualité des briques par leur sonorité, ainsi que par la quantité d'eau qu'elles absorbent dans un temps donné. On essaie les briques réfractaires en les plaçant dans un four à porcelaine ou sur l'autel d'un four à réchauffer le fer; on les cuit toujours dans des fours. En Hollande, on cuit les briques ordinaires à la tourbe et à une température beaucoup plus élevée qu'en France, de sorte qu'une partie de la fournée se ramollit toujours et se vitrifie à la surface. Enfin, avec certaines matières siliceuses, on est parvenu à faire des *briques légères*, très poreuses, très peu conductrices du calorique et plus légères que l'eau.

Tuiles, carreaux. La pâte et le moulage des tuiles se font comme pour les briques. Quelquefois on estampe en creux dans les carreaux des dessins ou ornements, et on remplit ces creux avant la cuisson avec de la même pâte, mais colorée par des oxydes métalliques infusibles. La cuisson a toujours lieu dans des fours. Quelquefois on les vernit sur une de leurs faces, en y posant par aspersion un mélange d'environ 1 p. d'alquifoux (sulfure de plomb) et 1 p. de sable broyé; on les place alors de champ dans le four. D'autres fois on les glace, en jetant dans le four et avec le combustible, pendant la période du grand feu, un mélange de sel marin et de litharge, auquel on ajoute un peu d'ocre rouge.

Fourneaux, réchauds. Ces poteries se font à la main et non sur le tour; elles se cuisent dans des fourneaux de formes assez variées, mais toujours très simples.

Tuyaux de conduite. Ils se fabriquent à peu près comme ceux de grès, sur lesquels nous entrerons plus loin, p. 3118, dans quelques détails.

Briques creuses. Ces briques se font ordinairement à la presse, de la même manière que les tuyaux de grès.

Poteries communes. Ces poteries se distinguent des précédentes en ce qu'elles sont faites sur le tour, ou à la main par colombins, mais rarement moulées; elles sont grossières ou fines, souvent noires, soit par suite d'un enfumage qui ramène le fer à l'état d'oxyde noir et qui dépose du charbon à leur surface, soit par l'introduction même d'une matière charbonneuse dans leur pâte. Elles sont en général peu cuites. On les enfourne en charge ou par échappade. Parmi ces poteries nous citerons les suivantes:

Les *hydrocérames* ou *alcarazzas*, qui sont des poteries très répandues dans les pays chauds, et qui, sans laisser l'eau s'écouler à l'état liquide, sont assez poreuses pour s'en laisser pénétrer et traverser, de manière à ce que, arrivée à la face extérieure, elle s'y étende et présente à l'air une grande surface, d'où résulte une évaporation assez rapide pour produire un abaissement de 4 à 7 degrés de la température de l'eau que renferment ces poteries, en lui communiquant quelquefois un goût argileux qui ne déplaît pas à certaines personnes. On donne à la pâte la porosité convenable, en y ajoutant du sable fin ou une terre argilo-sableuse, et la cuisant à une faible température, ou en y introduisant du sel marin qui se dissout ensuite dans l'eau, après la cuisson, et y laisse un grand nombre de petites vacuoles; le dégourdi de porcelaine constitue d'excellents hydrocérames.

Les *vases d'horticulture* ou *pots à fleurs*, qui se font sur le tour avec de l'argile figuline dégraissée avec du sable siliceux. On les enfourne en charge. Ils doivent être bien cuits et assez sonores; sans cela, ils sont rapidement détruits par l'humidité continuelle à laquelle ils sont exposés.

Les *formes à sucre*, qui s'ébauchent sur le tour ordinaire, et se terminent sur un moule qu'on fixe sur un autre tour. Il faut qu'elles soient assez cuites pour acquérir une dureté assez grande pour résister aux chocs auxquels elles sont exposées.

2° *Poteries tendres lustrées.*

Ces poteries sont cuites à une très basse température; leur pâte est fine, bien homogène, opaque, à cassure matte, colorée en jaune ou rouge, et recouverte à la surface d'un *lustre* ou enduit vitreux particulier, très mince et très résistant, tantôt rougeâtre, tantôt d'un beau noir, essentiellement composé de silice, rendue fusible par l'addition d'un alcali, et colorée par un oxyde métallique introduit dans sa composition, ou qu'elle prend dans la pâte qu'elle recouvre.

Les poteries campaniennes, improprement désignées sous le nom de poteries étrusques, et les poteries grecques anciennes, appartiennent à cette classe de poteries, qui n'est plus fabriquée nulle part de nos jours, de sorte que nous ne la citons ici que pour mémoire.

3° *Poteries tendres vernissées.*

Ces poteries, qui constituent actuellement la poterie commune, ne paraissent guère dater que de la fin du moyen-âge, quelque temps avant la faïence. Leur pâte est composée d'argile figuline, de marne argileuse et de sable; lorsqu'elle ne renferme pas de calcaire, on en ajoute. Aux environs de Paris, elle se compose de 4 parties d'argile plastique et de 1 p. de sable siliceux mélangé naturellement d'un peu de marne ferrugineuse. La fabrication se réduit à l'ébauchage sur le tour. La cuisson est ordinairement double et se fait dans un four en demi-cylindre couché, dans lequel on enfourne les pièces en charge ou en échappade. Le vernis plombifère dont on les recouvre se compose ordinairement, quand il est jaune, d'environ 5 parties de minium, litharge ou galène, 1 p. d'argile plastique et 1 p. de sable siliceux; on le colore en brun par du peroxyde de manganèse et en vert par des battitures de cuivre rouge. Ces poteries sont d'un prix très modique et vont assez bien sur le feu sans se briser; mais leur vernis est souvent fort tendre, facilement altérable, et peut alors être nuisible à la santé.

4° *Poteries émaillées.*

La *faïence commune* ou faïence émaillée a été importée de Perse, ou inventée, en Italie, par Lucca della Robbia, sculpteur, né à Florence en 1388. Les procédés de fabrication étaient entièrement perdus, ou au moins absolument inconnus en France, lorsque le célèbre Bernard de l'Alissy parvint, au milieu du seizième siècle, à faire des faïences émaillées, qui sont encore extrêmement recherchées par le brillant et la vivacité de l'émail qui les recouvre, et la vérité de forme et de couleur avec laquelle sont représentés les objets, tels que poissons, coquilles, reptiles, etc., généralement moulés sur nature, qui sont placés sur ces pièces,

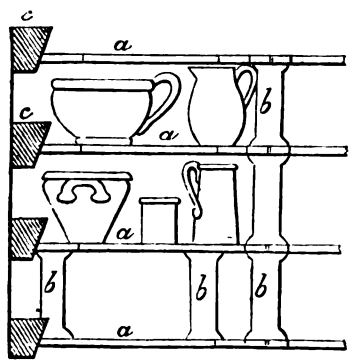
La pâte de ces poteries est composée d'argile fi-

Digitized by Google

guline, de marne argileuse et de sable; les argiles sont lavées. La proportion de sable est d'environ 1/4. Suivant M. Bastenaire d'Audenard, le mélange doit être fait de telle sorte que la pâte renferme à peu près :

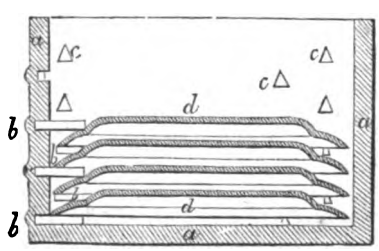
	Faïence : blanche.	brune.
Silice.	0,35	0,38
Alumine ferrugineuse. . .	0,58	0,57
Carbonate de chaux. . .	0,07	0,05
	1,00	1,00

Le façonnage se fait, soit par moulage, soit sur le tour, et alors il comprend ordinairement un ébauchage et un tournassage. On cuit à deux feux, d'abord en biscuit à une température qui varie du rouge cerise au rouge blanc, puis en émail à une température un peu supérieure. Cette cuisson se fait dans le même four, le biscuit émaillé étant placé à la partie inférieure du four et la poterie crue dans la partie supérieure; le cru est enfourné partie en charge, partie en échappade. Pour le biscuit émaillé, on emploie l'encastage en échappade ou celui en cazettes à pernettes. La fig. 2182 représente



2182.

l'*enfournement en échappade* : des tuiles en terre réfractaire *a*, *a*, reposant sur des piliers *b*, *b*, forment des planchers sur lesquels on place les pièces à plat, ou en les plaçant sur des colifichets, sorte de trépieds terminés par des arêtes aiguës. La fig. 2183 représente une



2183

cazette à pernettes a a, dans laquelle on voit la manière d'encaster des assiettes *d*, *d*, ou autres vases semblables, en les soutenant sur les pernettes *b*, *b*. Le four le plus généralement employé est celui représenté figures 2170 et 2171, page 3104.

L'émail brun de la faïence brune est composé de :

Minium.	0,52 à 0,53
Peroxyde de manganèse. . .	0,07 à 0,05
Brique commune pulvérisée. .	0,41 à 0,42
	1,00 1,00

L'émail blanc de la faïence blanche est un silicate alcalino-terreux et plombo-stannifère. On y introduit les oxydes métalliques à l'état de *calcine* ou potée d'étain, dont nous distinguons :

	Calcine n° 1.	Calcine n° 2.
Oxyde de plomb. . . .	0,77	0,82
Oxyde d'étain. . . .	0,23	0,18
	1,00	1,00

Il y a deux sortes d'émail, composées comme il suit :

	Émail dur.	Émail tendre.
Calcine n° 1.	0,45	»
Calcine n° 2.	»	0,45
Minium.	0,02	»
Sable quarzeux lavé. . .	0,45	0,45
Sel marin.	0,05	0,07
Soude d'Alicante. . . .	0,03	0,03
	1,00	1,00

On le colore en jaune par le jaune de Naples, en bleu par l'azur, en vert par les battitures de cuivre et en violet par le manganèse. Souvent on recouvre les pièces de faïence d'émail coloré à l'extérieur, par immersion, et d'émail blanc à l'intérieur, par arrosement. On enlève ensuite avec une brosse, avant la cuisson, l'émail sous le pied des pièces qui doivent être encastées en échappade.

La faïence commune est actuellement surtout employée pour la fabrication de carreaux émaillés, pour poêles et plaques de cheminées. Généralement ces plaques se gercent et tressaillent très facilement par l'effet de la chaleur. On les rend ingerçables en donnant plus de fusibilité à la pâte par l'addition d'une certaine quantité de matières calcaires ou alcalines; mais l'introduction du carbonate de chaux dans la pâte, en quantité un peu considérable, a l'inconvénient de la rendre très sujette à se fendre par de brusques variations de température, lorsqu'elle est exposée à l'action directe du feu. Nous renverrons du reste, pour plus de détails à cet égard, à l'article FAIENCE (page 1471 de ce Dictionnaire), fait par M. Barral, auteur de recherches fort intéressantes sur les faïences ingerçables.

II. POTERIE A PATE DURE, OPAQUE.

5° *Faïence fine.*

On a certainement fabriqué en France de la faïence fine dans le milieu du seizième siècle, et il reste encore de cette époque des vases d'une beauté remarquable; mais on ignore le lieu de cette fabrication, qui ne dura du reste que quelques années, et fut complètement étouffée par le développement que prit, à peu près vers le même temps, entre les mains de Bernard de Palissy, celle de la faïence émaillée. Ce ne fut qu'au commencement du dix-huitième siècle que l'on commença à faire de la faïence fine en Angleterre, et c'est de 1760 à 1770 que cette fabrication reçut les plus importants perfectionnements entre les mains de Josiah *Wedgwood*, né à Burslem, dans le Staffordshire, en 1730. C'est encore en Angleterre que se fait la plus belle faïence fine; aussi, nous nous occuperons d'abord de cette fabrication, telle qu'elle se pratique en Angleterre, et nous dirons ensuite quelques mots sur les principales fabriques françaises :

La faïence fine ou *faïence anglaise* est caractérisée par une pâte blanche opaque, à texture fine, dense et sonore, recouverte d'un vernis vitro-plombifère. La pâte est essentiellement composée d'argile plastique lavée et

Digitized by Google

de silex pyromaque, ou de quarz broyé très fin, et quelquefois d'un peu de chaux ; elle est très fine et très plastique. La glaçure est préalablement frittée, et se compose de silice, de soude, d'oxyde de plomb, et souvent d'acide borique. On distingue trois variétés principales de faïence fine : la *faïence fine calcarifère* ou *terre de pipe* ; la *faïence fine caillouteuse*, essentiellement composée d'argile plastique et de silex ; et la *faïence fine dure ou feldspathique*, aussi nommée *lithocérame*, dans la pâte de laquelle entre une certaine quantité de kaolin, et dont le vernis renferme de l'acide borique. Voici la composition de quelques pâtes et de leurs glaçures, avec le nom des auteurs qui en ont donné la recette.

Pâte de faïence fine calcarifère (Schumann).

Argile plastique.	0,854
Silex.	0,130
Chaux.	0,016
	1,000

Pâte de faïence fine cailloutée.

1° (Oppenheim et Bastenaire).

Argile plastique de Montereau ou de Dreux.	0,87
Silex.	0,13
	1,00

2° (Oppenheim et St-Amans).

Argile plastique d'Angleterre. .	0,83
Silex.	0,17
	1,00

Pâte de faïence fine feldspathique.

1° (Saint-Amans).

Argile plastique d'Angleterre. .	0,62
Kaolin.	0,16
Silex.	0,19
Feldspath altéré.	0,03
	1,00

2° Faïence dite *cream colour* (St-Amans).

Argile plastique d'Angleterre. .	0,82
Silex.	0,16
Feldspath altéré.	0,02
	1,00

3° Pour impressions sur biscuit (Aikin).

Argile plastique d'Angleterre. .	0,64
Kaolin.	0,16
Silex.	0,16
Feldspath altéré.	0,04
	1,00

Glaçure pour terre de pipe.

1° (Schumann).

Feldspath calciné.	0,07
Sable.	0,31
Minium.	0,30
Litharge.	0,27
Borax.	0,03
Verre de cristal.	0,02
	1,00

2° (Bastenaire d'Audenard).

Sable quarzeux.	0,36
Minium.	0,45
Carbonate de soude.	0,17
Nitre.	0,02
Bleu de cobalt.	0,00001
	1,00

Glaçure pour faïence fine cailloutée.

	1° (Aikin).	2° (Bastenaire).
Sable de feldspath altéré.	0,40	0,42
Minium.	0,23	0,26
Borax.	0,23	0,21
Carbonate de soude. . .	0,14	0,11
Bleu de cobalt. . . .	0,00004	0,00001
	1,00	1,00

Glaçure pour faïence fine feldspathique.

1° Pour faïence dite *cream colour* (Aikin).

Kaolin caillouteux.	0,25
Silex.	0,13
Oxyde blanc de plomb. . . .	0,52
Verre de cristal.	0,10
	1,00

2° Pour faïence imprimée (Shaw).

Kaolin caillouteux	0,28
Silex.	0,16
Carbonate de chaux.	0,04
Oxyde blanc de plomb. . . .	0,30
Acide borique.	0,06
Carbonate de soude.	0,16
	1,00

Quoique les pâtes des faïences fines cailloutée et feldspathique n'admettent pas de chaux dans leur composition, il y en a toujours réellement 1 à 2 p. 100, introduite soit par les argiles, soit même par le silex.

Les argiles et kaolins sont lavés avec soin. Le silex est étonné, puis broyé très fin ; ce broyage, qui s'effectuait autrefois exclusivement à sec entre des meules horizontales, se fait actuellement, en général, à l'eau dans des moulins à blocs. On fait le mélange des matières à l'état de barbotine ou de bouillie assez épaisse, et on le termine en faisant passer le tout à travers un tamis. Le raffermissement de la pâte se fait par l'action du feu ; on la pétrit ensuite mécaniquement dans des *tinnes*, et on la laisse pourrir quelques mois dans des caves humides avant de l'employer. Cette pâte est, en général, fine, longue, et se travaille aisément. Le façonnage est soigné, quoique rapide. Un grand nombre de pièces sont terminées sur le tour avec des calibres ; elles sont en général minces et légères. On les sèche et on les cuit en biscuit à une température de 30 à 100 degrés pyrométriques dans des fours cylindriques à alandiers, chauffés au bois ou à la houille (fig. 2173 à 2177, p. 3104). Quant à la glaçure, on forme d'abord, en général, avec une partie de ses éléments, une fritte qui est finement pulvérisée, à laquelle on ajoute ensuite les autres éléments, parmi lesquels se trouve presque toujours le minium. La faible proportion de bleu de cobalt sert à détruire la teinte jaunâtre du biscuit ; on pose sur le biscuit le vernis ainsi préparé par immersion, et quelquefois par arrosage. La cuisson du vernis se fait séparément dans des fours à alandiers, à une température de 10 à 30 degrés pyrométriques. Le biscuit et le vernis de la terre de pipe se cuisent à 25 à 30 degrés pyrométriques. Le biscuit de la faïence fine cailloutée se cuit à 60 degrés, et son vernis à 12 degrés pyrométriques. Enfin, la faïence fine feldspathique se cuit en biscuit à 100 degrés, et son biscuit à 20 ou 30 degrés pyrométriques. L'encastage, tant du biscuit que du vernis, se fait dans des cazettes lustées, en supportant les pièces par des pernettes (fig. 2183, p. 3111), des colifichets, etc., suivant le cas.

On a établi à Creil et à Montereau, en France, d'importantes fabriques de faïence fine anglaise, et l'on y tire d'Angleterre le kaolin et le feldspath altéré que l'on y emploie. Les principales fabriques des environs de Paris produisent presque exclusivement de la terre de pipe et de la faïence fine cailloutée. Quelques fa-

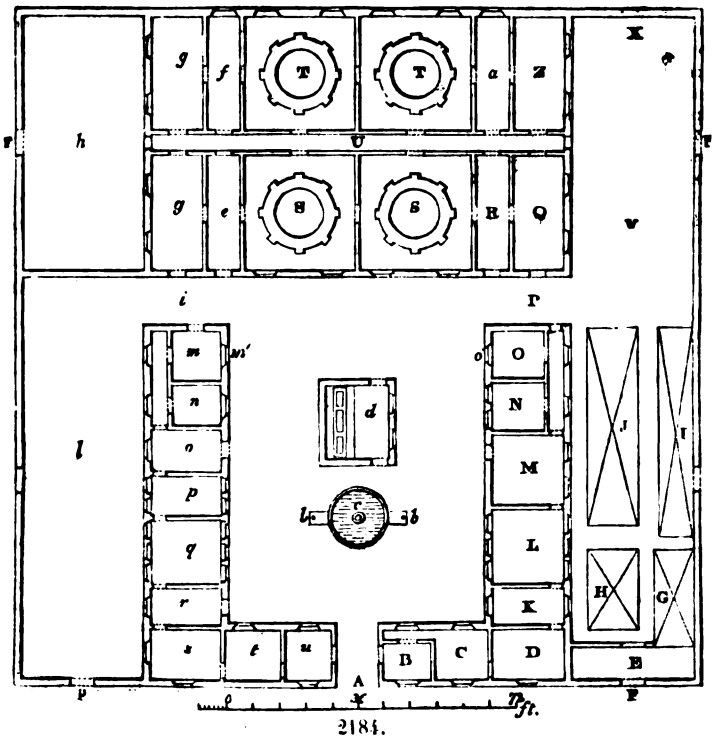
Digitized by Google

briques du Nord remplacent le vernis tendre vitro-plombifère, par l'émail opaque stannifère plus dur de la faïence commune, et produisent des *terres de pipe émaillées*.

On juge de la qualité de la faïence fine par celle de son vernis; lorsqu'il est mauvais, il se laisse rayer et entamer facilement par le couteau, et il se noircit lorsqu'on y fait cuire un œuf mêlé d'un peu de graisse.

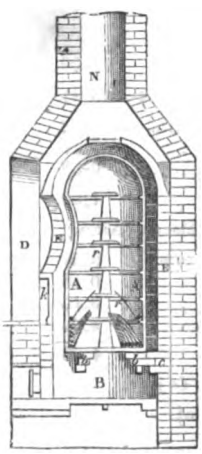
La faïence fine reçoit très souvent des décorations très variées en fonds de couleurs, lustres métalliques, décoration et peinture par voie d'impression. Les procédés de décoration et d'application des couleurs étant les mêmes que ceux employés pour la porcelaine, se trouveront décrits à la fin de cet article.

Pour terminer ce qui est relatif à la fabrication de la faïence fine, nous donnerons ici, fig. 2184, le plan d'une faïencerie anglaise : l'échelle est en pieds : A, entrée principale; B, logement du chef d'atelier; C, magasin pour les pièces fabriquées; D, atelier pour la fabrication des moules en plâtre; E, magasin d'argile plastique; F, F, portes de service dans la muraille d'enceinte; G, séchoir employé en hiver; H, hangard où se fait le tamisage des matières; I, hangard où sont les réservoirs pour les matières lavées; J, hangard sous lequel s'effectue le délayage et le lavage de l'argile; K, atelier pour le façonnage des pièces creuses; L, atelier pour le façonnage des assiettes; M, séchoir; N, O, ateliers pour l'impression du biscuit, P, passage communiquant dans la cour V X, où se font les cazettes et où elles restent en dépôt; Q, magasin de biscuit; R, salle où on nettoie le biscuit à la sortie des fours; S, S, fours pour la cuisson du biscuit; T, T, fours pour la cuisson de la glaçure; U, couloir de service; Z, atelier pour le posage de la glaçure; *a*, salle pour nettoyer les pièces recouvertes de leur glaçure; *b*, *b*, pompes; *c*, réservoir d'eau; *d*, atelier renfermant les moufles pour cuire les couleurs tendres; *e* et *g*, magasins pour le biscuit; *f* et *g*, magasin pour les pièces recouvertes de glaçure; *h*, espace renfermant une forge, un atelier de modèles, un atelier d'emballage, un dépôt d'argile, de cazettes, etc.; *i*, entrée dans la cour de service *l*; *m*, atelier pour l'encastage du biscuit; *n*, atelier de tournassage des pièces; *o*, séchoir; *p*, atelier de montage ou de garnissage des pièces; *q*, atelier de réparage des pièces; *r*, séchoir pour les pièces ébauchées; *s*, atelier d'ébauchage des pièces; *t*, atelier pour le battage et malaxage de la pâte; *u*, comptoir. La calcination, le cassage et le broyage du silex se font dans de grands ateliers indépendants des faïenceries.

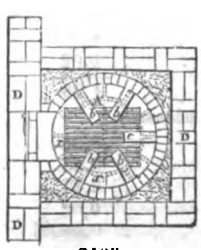


2184.

Pipes. Comme appendice aux faïences fines, et en particulier à la terre de pipe, il nous reste à parler de la fabrication des pipes en terre blanche, dont la fabrication forme une branche importante des arts céramiques. La matière première est une argile plastique blanche sans aucune addition, corroyée avec soin et non lavée. Un enfant en prend une boule qu'il roule à la main sur une planchette pour en former le tuyau (on prépare aussi ces baguettes au moyen de la presse à colombins), puis il ajoute au bout une petite masse pour le fourneau. Il les passe alors à l'ouvrier qui perce le tuyau avec une tige de laiton ou de fer huilée, et qu'il pousse d'une main jusqu'à une certaine distance du fourneau, pendant qu'il juge et maintient sa direction dans l'axe du cylindre avec deux doigts de l'autre main. Il met alors le cylindre de pâte ainsi préparé, en laissant l'aiguille en place, dans un moule formé de deux coquilles en cuivre, qu'il serre ensuite au moyen d'une vis de pression; il fait le fourneau au moyen d'un refouloir ou *étampon* en cuivre qu'il enfonce en tournant dans la partie correspondante du moule; il termine le tuyau en poussant l'aiguille jusqu'à ce que son extrémité apparaisse au fond du fourneau. Il ne reste plus ensuite qu'à ébarber la pipe et à la retirer du moule. Quand les tuyaux doivent recevoir une forme courbe, on la leur donne aussitôt après. Les ornements du fourneau viennent en général au moulage; quelques-uns, ainsi que les marques, se font au moyen de roulettes gravées. On laisse sécher très lentement, à l'ombre, les pipes ainsi façonnées avant de les



2186.



2185.

Digitized by Google

cuire. Un ouvrier fait environ 500 pipes par jour.

Les fig. 2185 et 2186 donnent le plan et la coupe des fourneaux habituellement employés en Angleterre pour la cuisson des pipes : E, chemise cylindrique en briques réfractaires, séparée du massif rectangulaire extérieur D par du sable ; *c*, *b*, *b*, saillies en briques supportant la moufle A, dans laquelle on encaste les pipes sur plusieurs étages *r*, *r*, comme l'indique la fig. 2186 ; B, grille que l'on alimente avec de la houille ; *x*, *x*, canaux de circulation de la flamme : N, cheminée d'appel. Un pareil fourneau renferme 2.000 pipes, et chaque feu dure huit à neuf heures.

En France et en Allemagne, on encaste en général les pipes dans des espèces de cazettes ou *boisseaux* en terre cuite, dans lesquels on verse ensuite de la terre cuite réduite en poudre fine, qui, en s'introduisant dans les vides, maintient et soutient les pipes ; on lute ensuite exactement les couvercles coniques que l'on place sur les boisseaux, et on opère la cuisson dans de petits fours cylindriques ou rectangulaires, dans chacun desquels on cuit de 3.000 à 5.000 pipes par fournée.

Pour rendre les pipes moins happantes aux lèvres, quand ce sont des pipes communes, on les trempe dans de l'eau qui tient un peu d'argile grasse en suspension : il se dépose à la surface des pipes une couche mince d'argile que l'on polit, lorsqu'elle est sèche, avec une flanelle ; pour les pipes plus fines, on les frotte fortement avec une flanelle imbibée d'un vernis, qui se prépare en faisant bouillir avec de l'eau un mélange de savon, de cire et de gomme.

6° *Grès-cérames* ou *poteries de grès*.

Cette poterie est à pâte dense, très dure, sonore, opaque, à grain plus ou moins fin ; on doit en distinguer deux sortes, les grès-cérames communs et les grès-cérames fins.

Pour les grès communs, la pâte se compose d'argile plastique non lavée, dégraissée avec du sable quarzeux. Cette pâte est très plastique et se façonne aisément par moulage ou sur le tour ; la plupart des pièces, comme les pots à beurre, les bouteilles, les tourilles à acides, etc., se font sur le tour ; les bonbonnes, les cornues, etc., se font par le moulage. La cuisson est presque toujours simple et se fait à une température élevée (100 à 120 degrés pyrométriques), dans des fours à réverbère en demi cylindre couché, à sole horizontale ou inclinée, comme celui représenté fig. 2171 et 2172, p. 3104. L'encastage et l'enfournement se font en charge ou en échappade. On cuit au bois ou à la houille, mais on finit toujours au bois, lorsqu'on veut couvrir la poterie d'un lustre silico-alcalin ; dans ce dernier cas, on produit ce lustre, en jetant dans le four, à plusieurs reprises et pendant la période du grand feu, du sel marin qui se volatilise et vient réagir sur la surface des poteries qu'il recouvre d'une couche très mince de silico-aluminate de soude : il paraît que le sel dit de Terre-Neuve, qui a servi à saler la morue, est meilleur pour cet usage que le sel gris ordinaire ; on jette quelquefois une certaine quantité de sel dans la chauffe même. Souvent les grès communs ne sont pas lustrés : on les plongeant en tout ou en partie dans de l'eau tenant en suspension de l'ocre jaune, on obtient, suivant la quantité de cette dernière et l'intensité du feu, un enduit d'un brun-jaune, d'un ton plus ou moins bronzé et plus ou moins jaune.

Les grès-cérames fins diffèrent essentiellement des précédents par la composition de leur pâte et celle de leur glaçure. On ajoute toujours à la pâte une certaine quantité de fondant feldspathique ou autre qui en lie les parties plus intimement et lui donne une cassure un peu luisante ; sa composition est du reste très variable suivant les localités, nous en donnerons quelques exemples ;

Composition de pâtes de grès-cérames fins.

1° Pâte de grès-cérame blanc (M. Brongniart).

Argile plastique de Dreux.	0,25
Kaolin argileux de Saint-Yrieix. . .	0,25
Feldspath de Saint-Yrieix.	0,50
	1,00

2° Pâte de grès-cérame destinée à recevoir diverses colorations (Saint-Amans).

Kaolin.	0,14
Argile plastique.	0,14
Silex.	0,15
Pegmatite altérée.	0,27
Sulfate de chaux.	0,21
Sulfate de baryte.	0,09
	1,00

3° Pâte de grès-cérame noir (Aikin).

Kaolin.	0,02
Argile plastique.	0,48
Ocre calcinée.	0,43
Manganèse.	0,07
	1,00

Le prix assez élevé de cette sorte de poterie permet une préparation et un façonnage soigné de la pâte. La cuisson se fait dans des fours cylindriques verticaux à alandiers, comme ceux employés pour la faïence fine, fig. 2173 à 2177, pag. 3104, chauffés au bois ou à la houille ; l'encastage a lieu en cazettes et on y soutient les pièces au moyen de colifichets.

Souvent ces poteries ne reçoivent aucune glaçure ; d'autres fois, on se contente d'enduire l'intérieur des cazettes avec un mélange de :

Sel marin.	0,67
Potasse.	0,28
Minium.	0,05
	1,00

qui en se volatilisant, pendant la cuisson, vitrifie superficiellement la surface des pièces ; enfin, on emploie quelquefois une glaçure vitro-plombeuse, analogue à celle des faïences fines, que l'on pose sur le biscuit de grès par immersion ou par arrosement, et que l'on cuit ensuite à un second feu et à une basse température ; voici, d'après M. Saint-Amans, la composition d'une de ces glaçures :

Feldspath.	0,35
Sable quarzeux.	0,25
Minium.	0,20
Potasse.	0,05
Borax calciné.	0,15
	1,00

On pose souvent à l'intérieur seulement des grès noirs, la glaçure suivante :

Minium.	0,84
Silex.	0,14
Oxyde de manganèse.	0,02
	1,00

Les pièces recouvertes de ces enduits plombifères, sont susceptibles d'être richement décorées avec des lustres métalliques ou des ornements en couleurs très variées. C'est au célèbre Wedgwood que la fabrication des grès-cérames fins doit ses plus importants progrès. On en fait actuellement d'une rare beauté dans la fabrique que M. Ziégler, un de nos peintres les plus distingués, a établie récemment en France, à Voisinlieu, près de Beauvais.

Des tuyaux de conduite en grès. Les tuyaux de grès se faisaient autrefois sur le tour, actuellement on les fait à la presse. Cette presse consiste en une boîte cy-

Digitized by Google

lindrique en fonte dans laquelle on met l'argile ; la partie inférieure de cette boîte se raccorde avec un cylindre qui doit former l'extérieur du tuyau, par une partie conique dans laquelle se trouve fixé un couteau transversal à lames dentelées qui supporte le noyau. La boîte est souvent fixée sur un chariot, qui en porte plusieurs, que l'on amène successivement pleines d'argile, au fur et à mesure qu'il en est besoin, au-dessus de la partie conique dont nous venons de parler. Un piston plein, métallique, mû par une vis, sert à refouler l'argile, qui est d'abord coupée en deux parties par le couteau à lames dentelées ; le refoulement dans la partie conique fait ensuite rapprocher et réunir ces parties qui, en passant entre le noyau et le cylindre qui l'enveloppe, forment un tuyau cylindrique susceptible de recevoir une longueur indéfinie. Souvent pour diminuer le frottement et pouvoir employer un piston qui joue facilement dans la boîte, on place dans celle-ci et sur son contour, au-dessus de l'argile, un anneau en corde de chanvre à peine tordue. On reçoit les tuyaux obtenus dans une gouttière en bois demi-cylindrique, assez inclinée pour que le tuyau s'avance sans frottement ; si elle était verticale, le tuyau se romprait sous son propre poids. On donne généralement à ces tuyaux $1^m,50$ à $2^m,00$ de longueur. On les cuit d'abord en grès, sans aucune glaçure, dans des fours carrés analogues à celui représenté figures **2169** et **2170**, p. **3102**, où on les place verticalement sur plusieurs étages. On augmente leur imperméabilité en les recouvrant intérieurement d'un vernis plombifère, ce qui exige, dans ce cas, une seconde cuisson.

Creusets. Voyez ACIER, CREUSETS et VERRE.

III. POTERIES A PATE TRANSLUCIDE.

7° *Porcelaine dure.*

La porcelaine dure est caractérisée par une pâte fine, dure, translucide, et une glaçure dure et terreuse, dite couverte. Nous ne nous occuperons ici que de la fabrication de cette poterie, telle qu'elle se fait à la Manufacture royale de Sèvres.

Les éléments qui entrent dans la composition des pâtes et couvertes sont le kaolin, le feldspath, la craie, et quelquefois le sable siliceux, l'argile plastique et la poudre de porcelaine cuite ou dégourdie. Le kaolin vient de Saint-Yrieix ; il y en a, comme nous l'avons dit, deux variétés principales, l'argileux et le caillouteux, qui, par lévigation, donnent des argiles et sables correspondants. Le feldspath est pris dans une roche de quarz et de mica, qui porte le nom de pegmatite et qui vient également de Saint-Yrieix. Le sable siliceux est tiré d'Aumont, près Creil. La craie vient de Bougival. Enfin, l'argile plastique est tirée d'Abondant, près de la forêt de Dreux. La préparation de ces matières ayant été décrite au commencement de cet article, nous n'y reviendrons pas ; nous ferons seulement observer qu'elle se fait avec le plus grand soin, et que c'est particulièrement aux pâtes de porcelaine que s'applique le procédé de raffermissement par pression, que nous avons décrit page 3096 ; les pâtes plus plastiques des faïences et grès s'y prêtent difficilement.

La composition de la pâte de service de Sèvres est d'environ :

Silice.	0,580
Alumine.	0,345
Chaux.	0,045
Potasse.	0,030
	1,000

Chaque fois que l'on reçoit une livraison de kaolins, après les avoir lavés, on analyse les sables et argiles qu'on en retire, et on les mélange entre eux et avec de la craie, et au besoin avec du sable siliceux d'Aumont, de manière à arriver à la composition ci-dessus, ce qui se fait au moyen d'un calcul que l'on conçoit aisément.

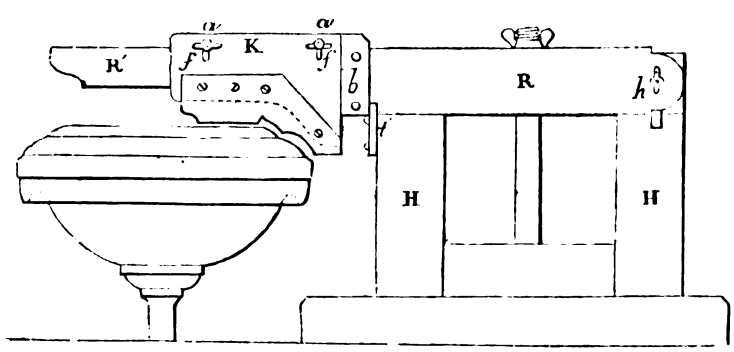
La pâte de sculpture, pour les statuettes et autres objets qui ne doivent pas recevoir de couverte et se cuisent en biscuit, est composée d'environ ;

Argile de kaolin caillouteux. .	0,64
Feldspath.	0,16
Sable d'Aumont.	0,16
Craie.	0,04
	1,00

Les très grandes pièces se font ordinairement avec une pâte plus plastique que les précédentes, et dont la composition, due à M. Régnier, est de :

Argile de kaolin caillouteux. .	0,43 à 0,44
Argile plastique d'Abondant.	0,21 à 0,25
Feldspath.	0,16 à 0,17
Sable quarzeux d'Aumont. .	0,16 à 0,09
Craie.	0,04 à 0,05
	1,00 à 1,00

Nous avons décrit précédemment d'une manière sommaire les diverses méthodes de façonnage ; on les applique toutes à Sèvres, suivant la forme des pièces à fabriquer. Nous rappellerons seulement que les assiettes ordinaires et autres objets analogues se moulent à la croûte, et sont ensuite soumises au calibrage. La figure **2187** représente le calibre employé à cet effet à Sèvres. Le calibre proprement dit *c*, se fixe sur la plaque K, par des vis à écrou *a*, *a*, que l'on peut faire monter ou descendre le long des fentes *f*, *f* ; la plaque K est rendue solidaire de la règle bascule R R', qui y entre à coulisseau au moyen des vis ci-dessus et du buttoir *b* ; la règle R R' est fixée latéralement à un châssis en bois très solide H H', et peut se relever en tournant sur sa charnière *h* ; des taquets *t*, *t'*, servent à limiter son abaissement ; c'est en faisant monter ou descendre le calibre parallèlement à lui-même, au moyen des vis à écrou *a*, *a*, que l'on règle l'épaisseur que l'on veut donner aux pièces.



2187.

Après une dessiccation lente à l'air, les pièces de porcelaine sont desséchées, ou *dégourdies*, à flammes

Digitized by Google

perdues, dans l'étage supérieur du four à porcelaine. Comme les pièces ne peuvent contracter dans cette opération aucune adhérence, on les enfourne dans des cazettes en se contentant de les séparer par une couche de sable quarzeux. C'est dans le même étage que l'on cuit les cazettes, dont la pâte se compose de 0,40 d'argile plastique ordinaire lavée, et de 0,60 de ciment plus ou moins grossier de ces mêmes cazettes.

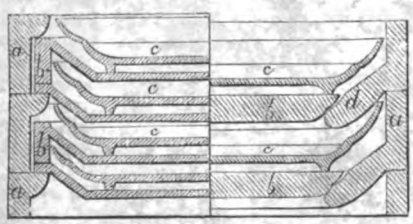
La couverte est ordinairement composée de pegmatite de Saint-Yrieix, qui se compose en moyenne de :

Silice.	0,74
Alumine.	0,18
Potasse.	0,07
Chaux et magnésie.	0,01
	1,00

On la pose par immersion sur le dégourdi ; l'immersion ne dure que quelques secondes. On réduit la pegmatite en poudre extrêmement ténue ; on juge de sa ténuité par le temps qu'elle met à se précipiter, au quart, au tiers ou à la moitié d'un vase cylindrique gradué, après qu'on l'a mise en suspension dans l'eau par l'agitation. On y ajoute quelquefois jusqu'à 5 p. 100 de pâte de sculpture, pour la rendre plus fusible et lui donner plus d'étente. On la délaie ordinairement dans une fois à une fois et demie son poids d'eau.

La cuisson de la porcelaine dure est essentiellement simple, le dégourdi n'étant pas une véritable cuisson. Elle se fait à une température très élevée (140 degrés pyrométriques environ), suffisante pour que la pâte en se ramollissant devienne translucide et pour que la couverte se vitrifie. Elle a lieu dans des fours à alandiers ; à Sèvres, elle se fait actuellement dans un four à deux étages de foyers et à huit alandiers, analogue à celui qui est représenté fig. 2180 et 2181, page 3106. On les chauffe généralement avec du bois à longue flamme ; cependant nous avons vu employer, comme combustible, du lignite à Elbogen, en Bohême, et de la houille à Meissen, en Saxe.

L'encastage des pièces est une opération très délicate et qui exige le plus grand soin. Les pièces creuses, comme les pots, tasses, etc., sont placées dans des cazettes composées de cercles à talons superposées ; on place sur les talons des rondeaux qui servent à supporter les pièces. Autrefois la platerie (assiettes, etc.) s'encastait dans des cazettes à cul de lampe *a*, *a* (fig. 2188),



2188.

portant des rondeaux *b*, *b*, sur lesquels on plaçait les pièces. Depuis quelques années on emploie l'encastage *Régnier*, qui donne au moins, suivant M. Brongniart, 30 p. 100 de bénéfice sur l'encastage en cul de lampe, tant parce qu'il diminue les déchets dus à la chute des grains, que parce qu'il occupe beaucoup moins de place, comme l'indique la fig. 2188, où *a'*, *a'*, sont les cerces Régnier, et *b'*, *b'*, des pièces qui servent à supporter les assiettes *c'*, *c'* ; ces pièces sont percées en leur centre d'une ouverture ronde qui les rend moins sujettes à se fissurer par l'action du feu. Les pièces cuisent sur leur pied, quand celui-ci est assez fort, sinon on les cuit séparément. Certaines pièces, comme les soupières, les tasses, etc., se cuisent à *boucheton*, c'est-à-dire en reposant par leur ouverture, privée de couverte, sur un support plat ou légèrement conique. Cette partie doit alors être polie ensuite sur le tour pour pouvoir recevoir la dorure, ou bien elle est émaillée au feu de moufle. On soutient en outre certaines parties des pièces, pour empêcher leur déformation, par des cerces appropriées, faites avec la même pâte afin d'éprouver le même retrait, et qui les soutiennent toujours verticalement. Non seulement on enlève avec soin, et aussi complétement que possible, la couverte des parties qui doivent se trouver en contact avec un support quelconque, mais encore on les *terre*, pour prévenir l'adhérence qui résulterait du ramollissement de la porcelaine. Ce terrage se fait, soit avec un léger enduit d'argile plastique, soit avec du sable fin très pur, non broyé, que l'on rend adhérent avec un peu d'argile délayée dans de l'eau, ou même avec de la gomme dont on enduit le bord de la pièce. Pour cuire les tubes, glacés seulement intérieurement, on les place horizontalement les uns sur les autres dans une sorte de gouttière en porcelaine cuite, en les terrant convenablement pour prévenir toute adhérence, et les recouvrant d'une toile ou d'un gros papier trempé dans de la barbotine. Quant aux colonnes, qui reçoivent un glacé extérieur, ce qu'il y a de mieux à faire est de les fabriquer par coulage, et de les cuire suspendues verticalement par un rebord que l'on enlève après la cuisson.

L'enfournement des pièces dans le four doit être fait avec le plus grand soin et aussi symétrique que possible. On place les cazettes sur plusieurs rangées circulaires, et en laissant entre elles un espace suffisant pour la circulation de la flamme. On les assied bien verticalement sur un lit de sable quarzeux dont on recouvre la sole du four et on les lute. Près de cette sole la température est moins élevée que tout autre part. La platerie se met surtout dans les cazettes du rang extérieur, que l'on garantit des coups de feu en les doublant du côté des foyers avec des plaques cintrées. Les grandes pièces se placent au centre, en les supportant sur plusieurs piles de cazettes à assiettes. Enfin, on relie les piles entre elles, pour augmenter leur stabilité, par des *accots* ou fragments d'étuis posés en travers et fixés par du lut.

A Sèvres, le temps total de la cuisson dans le four à deux étages de foyers est d'environ trente-quatre à trente-six heures, savoir : vingt-six à vingt-huit heures pour l'étage inférieur, et huit heures pour l'étage supérieur. Les deux fours renferment environ de 12.000 à 14.000 kil. de cazettes, supports, etc., et 800 kil. de porcelaine cuite, et on dépense en tout, par cuisson, à peu près 60 stères de bois de tremble valant environ 800 fr. Les deux fours superposés de Sèvres ont même diamètre et une hauteur un peu moindre ; leurs capacités réunies font $35^{m.c.},823$. A Elbogen, où le four est à un seul étage de foyers et à sept alandiers, et où l'on emploie comme combustible du lignite d'excellente qualité, le laboratoire a 4^{m} de diamètre et $2^{m},60$ de hauteur à la voûte, ce qui fait une capacité d'environ 30 mètres cubes ; la cuisson dure de quarante-quatre à quarante-huit heures, et consomme 8.400 kil. de lignite valant 75 francs.

On laisse refroidir lentement le four, avant d'abattre les portes en maçonnerie pour procéder au défournement. Ce refroidissement dure huit jours à Sèvres ; il est généralement plus rapide dans les autres fabriques. Les pièces défournées sont débarrassées du sable de terrage en les frottant avec un grès artificiel, dur et friable, qui ne raie pas la couverte, et qui se compose de 0,96 de sable quarzeux brut et de 0,04 de pâte de porcelaine.

Digitized by Google

Les *grains* tombés des cazettes sur les pièces pendant la cuisson et qui s'y sont collés, sont enlevés sur un tour à polir analogue à celui du lapidaire; on polit également sur le même tour les parties qui n'ont pu recevoir de couverte, parce qu'elles étaient en contact avec des supports quelconques; ces parties sont ensuite susceptibles de recevoir une très belle dorure.

La porcelaine dure a été fabriquée en Chine de temps immémorial, mais ce ne fut qu'en 1709 que Bœttger parvint à en faire en Europe, et fonda en Saxe la manufacture de Meissen. Malgré tous les soins que prit le gouvernement saxon pour empêcher que les procédés de fabrication ne fussent connus, des ouvriers de cette manufacture fondèrent celle de Vienne, en 1720; celle de Berlin ne date que de 1751, et celle de Sèvres de 1765, époque de la découverte du kaolin de Saint-Yrieix.

8° *Porcelaine tendre naturelle.*

La porcelaine tendre naturelle ou porcelaine anglaise a pris naissance en Angleterre au milieu du dix-huitième siècle; sa fabrication a été introduite depuis peu d'années en France, à Creil et à Bordeaux. Elle tient le milieu entre la faïence fine et la porcelaine dure. La pâte se distingue de celle de la porcelaine dure par une forte proportion de phosphate de chaux des os, comme l'indiquent les compositions suivantes de la pâte de service anglaise :

	Saint-Amans. 1)	2)	Aikin. 3)
Kaolin argileux lavé. . . .	0,11	0,41	0,310
Kaolin caillouteux brut, broyé.	»	»	0,260
Argile plastique.	0,19	»	»
Silex calciné et broyé. . .	0,21	0,16	0,025
Os calcinés à blanc. . . .	0,49	0,43	0,405
	1,00	1,00	1,000

Cette pâte est plus plastique que celle de la porcelaine dure. Elle se façonne à très peu près comme celle des faïences fines. On la cuit en biscuit en plaçant les pièces les unes dans les autres, après les avoir saupoudrées de silex, ou sur des *renversoirs* sablés. Les fours sont les mêmes que ceux employés pour les faïences fines, et qui sont représentés fig. 2173 à 2177, page 3104. La glaçure est un enduit vitro-plombeux et boracique, généralement plus dur que celui des faïences fines, mais moins que la couverte des porcelaines dures, et se laissant rayer par l'acier; elle se pose par immersion. Sa composition est très variable, quant aux proportions; nous citerons comme exemple la recette suivante, due à M. Saint-Amans :

Feldspath.	0,48
Silex ou sable quarzeux. . . .	0,09
Borax non calciné.	0,22
Verre à cristal.	0,21
	1,00

On fait fritter le mélange et on y ajoute, après broyage, 11 à 12 parties de minium. L'encastage du biscuit en vernis se fait facilement, la cuisson ayant lieu à une température bien inférieure à celle nécessaire pour ramollir la pâte, et s'opère comme pour la faïence fine. Les fours sont cuits à la houille.

9° *Porcelaine tendre artificielle.*

La porcelaine tendre artificielle, ou porcelaine française, a précédé en France la porcelaine dure, mais sa fabrication présentait de grandes difficultés qui l'ont fait presque partout abandonner, malgré la beauté des pièces produites. La pâte en est marneuse, fine, dense, presque vitreuse, dure, translucide et fusible à une haute température. A Sèvres, où cette fabrication a cessé en 1804, la pâte se composait de :

Nitre fondu.	0,220
Sel marin gris.	0,072
Alun.	0,036
Soude d'Alicante.	0,036
Gypse de Montmartre. . . .	0,036
Sable de Fontainebleau. . .	0,600
	1,000

On faisait fritter ce mélange et on formait la pâte avec :

Fritte ci-dessus.	0,75
Craie blanche.	0,17
Marne calcaire d'Argenteuil, lavée. .	0,08
	1,00

Cette pâte n'ayant aucun liant, était toujours façonnée par moulage, après avoir reçu un peu de ténacité par l'addition d'une certaine quantité de gomme adragante; on terminait les pièces par un tournassage à sec sur le tour, opération nuisible à la santé des ouvriers. L'encastage du biscuit offrait de grandes difficultés, et on était obligé de soutenir les pièces par des rondeaux et renversoirs sablés et formés de la même pâte, afin d'en suivre exactement le retrait. Le vernis se plaçait par arrosement; il se composait de :

Sable de Fontainebleau, calciné.	0,27
Silex calciné.	0,11
Litharge.	0,38
Carbonate de soude	0,09
Carbonate de potasse	0,15
	1,00

On mêlait ces matières broyées, on les fondait dans des creusets, on les pilait de nouveau, et on les fondait une seconde fois avant l'application sur le biscuit. La cuisson du vernis se faisait dans le même four que celle du biscuit, à une plus basse température. L'encastage n'offrait pas de difficultés, seulement il fallait avoir soin d'enduire intérieurement les cazettes du même vernis, afin qu'elles n'absorbassent pas celui des pièces placées dans leur intérieur. Ce vernis avait à peu près la même dureté que celui des porcelaines tendres anglaises.

COLORATION ET DÉCORATION DES POTERIES.

On orne et décore les poteries au moyen de matières colorantes, qui peuvent s'y fixer par l'action du feu sans se détruire, ce sont :

1° Les couleurs vitrifiables proprement dites;
2° Les engobes, qui sont des matières terreuses fixées par un fondant vitreux;
3° Les métaux à l'état métallique;
4° Les lustres métalliques.

1° *Couleurs vitrifiables.*

Les couleurs vitrifiables se divisent, suivant la température nécessaire à leur cuisson, en couleurs de moufle ordinaire ou *tendres*, en couleurs de demi-grand feu ou *dures*, et en couleurs de *grand feu*. Elles se composent d'oxydes ou sels métalliques et de fondants.

Les oxydes et sels métalliques sont les suivants, dont nous indiquerons en même temps la préparation.

L'*oxyde de chrome*, qui se prépare par la calcination du bi-chromate de potasse ou du chromate de mercure, ou en décomposant le bi-chromate de potasse par un mélange d'alcool et d'acide hydrochlorique bouillant.

L'*oxyde de fer*, que l'on obtient, soit par la calcination du sulfate de fer à une température plus ou moins élevée, suivant la nuance que l'on veut obtenir, soit en décomposant par le contact de l'air et de l'eau le sulfate de fer, et lavant à grande eau pour enlever l'acide et le sel non décomposé.

L'*oxyde d'urane*, que l'on prépare en traitant la

Digitized by Google

pech-blende par l'acide hydrochlorique, dissolvant le résidu dans l'acide nitrique, y ajoutant du nitrate de peroxyde de fer, évaporant presque à siccité, reprenant par l'eau froide et faisant cristalliser. On redissout dans l'eau le nitrate obtenu, on le précipite par l'ammoniaque, on lave le précipité, on le redissout dans du carbonate d'ammoniaque, puis en faisant bouillir la liqueur filtrée; il s'en précipite de l'uranate d'ammoniaque, qui est lavé, séché et employé en cet état.

L'*oxyde de manganèse* qui se trouve dans la nature. On peut le préparer en précipitant un sel de manganèse par une dissolution étendue de potasse, et lavant avec soin.

L'*oxyde de zinc*, qui se prépare en précipitant une dissolution très étendue d'un sel de zinc par le carbonate de soude.

L'*oxyde de cobalt*, qui se prépare en grillant le minerai de cobalt, le dissolvant ensuite dans l'acide nitrique, y ajoutant du nitrate de peroxyde de fer et faisant à froid des précipitations successives par le carbonate de potasse; on obtient d'abord des précipités jaunâtres de sous arséniate de peroxyde de fer, puis des précipités jaunes de peroxyde de fer, puis un précipité rose ou bleu, suivant qu'il contient ou non d'arsenic, d'oxyde de cobalt.

L'*oxyde d'antimoine*, qui s'emploie, soit à l'état de combinaison avec l'oxyde de plomb, connu dans le commerce sous le nom de *jaune de Naples*, soit à l'état d'antimoniate de potasse qui se prépare en projetant par parties dans un creuset chauffé au rouge un mélange de 2 p. d'antimoine métallique pulvérisé et de 5 p. de nitre, puis lavant le résidu à l'eau froide.

Le *protoxyde de cuivre*, qui se prépare en chauffant à une douce chaleur un mélange de 100 p. de sulfate de cuivre et de 57 p. de carbonate de soude cristallisé; pulvérisant le tout, y mélangeant 26 p. de limaille de cuivre très fin, chauffant au rouge blanc pendant 20 minutes, pulvérisant la matière refroidie et la lavant à l'eau.

Le *peroxyde de cuivre*, qui s'obtient par la simple calcination du nitrate.

L'*oxyde d'étain*, qui s'emploie toujours à l'état de calcine ou POTÉE D'ÉTAIN (voyez ce mot), c'est-à-dire intimement mélangé avec de l'oxyde de plomb.

L'*oxyde d'iridium*, qui se prépare en calcinant avec le double de son poids de carbonate de potasse le chlorure double que l'on obtient en précipitant par le sel ammoniac une dissolution d'iridium, puis lavant le résidu à l'eau.

Les *chromates de fer, de baryte* et *de plomb*, qui se préparent en versant dans une dissolution de chromate neutre de potasse une dissolution d'un sel de protoxyde de fer, de baryte ou de plomb.

Le *chlorure d'argent* qui se prépare en précipitant dans l'obscurité par l'acide hydrochlorique le nitrate d'argent en solution étendue, lavant avec soin par décantation, puis le faisant également sécher et le conservant dans l'obscurité.

Le *pourpre de Cassius*, qui est, selon M. Figuier, un stannate de protoxyde d'or, et dont la préparation est très délicate. A Sèvres, on fait dissoudre lentement et à froid 3 grammes d'étain dans une eau régale composée de 4 p. d'acide nitrique, 1 p. d'acide hydrochlorique et 10 p. d'eau distillée, puis on étend la dissolution d'un litre d'eau. D'un autre côté, on dissout 1 gramme d'or dans de l'eau régale non en excès, on ajoute à la dissolution un litre d'eau, puis on y verse la dissolution d'étain ci-dessus par petites portions et en agitant sans cesse.

Les *fondants* servent à produire l'adhérence des oxydes métalliques et à les glacer; à Sèvres, il y en a sept qui sont :

Le *fondant rocaille* (n° 1), qui se prépare en fondant rapidement dans un creuset, puis coulant sur une plaque métallique un mélange de 3 p. de minium ou de litharge et de 1 p. de sable d'Étampes.

Le *fondant aux gris* (n° 2), qui se prépare avec 6 p. de minium ou de litharge, 2 p. de sable d'Étampes et 1 p. de borax fondu.

Le *fondant de carmins* (n° 3), qui se prépare avec 1 p. de minium ou de litharge, 3 p. de sable d'Étampes et 5 p. de borax fondu.

Le *fondant de pourpre* (n° 4), qui se prépare avec 3 p. de minium ou de litharge, 1 p. de sable d'Étampes et 5 p. d'acide borique cristallisé.

Le *fondant de violets* (n° 5), qui se prépare avec 27 p. de litharge ou de minium, 2 p. de sable d'Étampes et 11 p. d'acide borique cristallisé.

Le *fondant de verts* (n° 6), employé, ainsi que les deux précédents, par M. Salvétat, et qui se prépare avec 8 p. 1/9 de minium ou de litharge, 1 p. de sable d'Étampes et 2 p. d'acide borique cristallisé.

Enfin, le *fondant de substances métalliques* (n° 7), qui est du sous-nitrate de bismuth obtenu en décomposant par l'eau le nitrate acide de bismuth, et auquel on ajoute 1/12 de borax.

Il nous est impossible de donner ici la nomenclature et la composition des nombreuses couleurs vitrifiables employées dans la décoration des poteries, et surtout dans la peinture sur porcelaine, nous nous contenterons d'en indiquer les principales, en commençant par les couleurs de moufle, ou couleurs *tendres*.

Blancs. Le blanc s'obtient avec l'émail blanc ordinaire, dont on augmente ou diminue la fusibilité par une addition de fondant n° 1, ou de sable d'Étampes.— On glace au feu de moufle, avec un mélange à parties égales de fondant n° 1 et de fondant n° 3 les parties qui n'ont pu recevoir de couverte au grand feu.

Gris. Les gris s'obtiennent avec des mélanges très variables d'oxydes de fer, de cobalt et de manganèse, de carbonate de zinc et de fondant n° 2.

Noirs. Les noirs se préparent comme les gris, mais avec moins de fondant. On fait un très beau noir avec 3 p. de fondant n° 2 et 1 p. d'oxyde d'iridium.

Bleus. Les bleus se font ordinairement avec 1 p. de carbonate de cobalt, 2 p. de carbonate de zinc hydraté, et une proportion variable de fondant n° 2.

Verts. Les verts s'obtiennent avec des mélanges d'oxydes de chrôme, de cobalt, quelquefois de zinc, et de fondant n° 3 ou 6. Sur les poteries à couverte alcaline ou basique, on emploie souvent des verts qui doivent leur coloration à l'oxyde de cuivre.

Jaunes. Les jaunes s'obtiennent avec des mélanges de fondant n° 2, d'antimoniate de potasse, d'une quantité variable d'oxydes de zinc et de fer, et quelquefois d'oxyde d'étain. Le jaune orangé pour fonds se fait avec 3 p. de fondant n° 1 ou n° 2 et 1 p. d'oxyde d'urane, ou avec 3 p. de minium et 1 p. de chrômate de plomb.

Bruns-jaunes. Les diverses nuances de brun-jaune s'obtiennent avec des mélanges de fondant n° 2, d'oxyde de zinc et d'oxyde de fer jaune.

Rouges. Les rouges s'obtiennent tous avec de l'oxyde de fer plus ou moins calciné et mélangé de 3 p. environ de fondant n° 2.

Couleurs d'or : —Le *carmin* se prépare en broyant le pourpre de cassius encore humide avec le triple environ de son poids de fondant n° 3, préalablement broyé avec un peu de chlorure d'argent et légèrement fritté; le *pourpre* s'obtient en diminuant la proportion de fondant; le *violet* se prépare avec du fondant n° 1, ou mieux avec du fondant n° 5, et du pourpre pur, sans chlorure d'argent; on fait aussi d'assez beaux violets avec un mélange de nitre, d'oxyde de manganèse et d'une quantité de fondant convenable.

Bruns-rouges et *bruns*. Les bruns rouges et bruns se

Digitized by Google

préparent avec un mélange légèrement fritté d'oxydes de fer, de cobalt ou de manganèse et de zinc, avec du fondant n° 2.

Les couleurs de moufles dures, ou couleurs de *demi-grand feu*, se préparent en durcissant les couleurs tendres correspondantes par l'addition d'une certaine quantité d'un ou de plusieurs des oxydes que renferment ces dernières; le carbonate de zinc peut être employé dans presque tous les cas; le jaune de Naples sert pour les jaunes; et l'oxyde de fer est généralement employé, seul ou mélangé de carbonate de zinc, pour les rouges et les bruns.

Les couleurs de *grand feu*, c'est-à-dire qui cuisent à la même température que la glaçure, sont en nombre très restreint, du moins pour la porcelaine. Le *noir pur* s'obtient avec une partie d'oxyde d'urane délayé dans 22 p. de couverte; le noir ordinaire avec de l'oxyde de manganèse ou de l'oxyde d'iridium; le *noir bleuâtre* avec un mélange d'oxyde de cobalt et de manganèse; le *gris de fumée* avec le chlorure de platine. Les *bleus* s'obtiennent avec de l'oxyde de cobalt pur ou mélangé d'oxyde de zinc et d'alumine. Les *verts* se font avec de l'oxyde de chrôme pur ou mélangé d'oxyde de cobalt. Le *jaune* se produit avec de l'oxyde de titane. Le *rose* s'obtient en délayant dans de la couverte une solution d'or dans de l'eau régale. Le *brun écaille* se fait avec un mélange d'oxyde de manganese et de terre d'ombre; le *brun marin*, avec un mélange de chrômite de fer et d'oxyde de chrôme; et le *bistre*, avec l'oxyde rouge de fer. Toutes ces couleurs, ainsi que celles de demi-grand feu, ne sont employées que comme fonds.

En ce qui regarde la préparation des couleurs vitrifiables, nous ajouterons encore qu'elles se divisent en :

Couleurs qui ne fondent pas, soit parce que la fusion les altérerait, soit parce qu'elles ont déjà le ton qu'elles doivent avoir; ce sont les couleurs de grand feu et demi-grand feu, ainsi que les couleurs tendres formées par l'oxyde de fer, l'oxyde de chrôme, etc., comme quelques bleus, les verts de chrôme, les jaunes, bruns et rouges de fer, et les couleurs d'or.

Couleurs qui se fondent, parce qu'il entre dans leur composition des oxydes qui ne sont colorés qu'à l'état de sels; ce sont les verts de cuivre, les violets de manganèse, les bleus de cobalt, les jaunes d'antimoine et les noirs.

Couleurs qui se frittent, parce qu'étant dans le même cas que les précédentes, elles prendraient, si on les fondait, une teinte trop foncée; ce sont le gris et quelques bruns.

Il va sans dire que toutes ces couleurs doivent être très finement porphyrisées.

2° *Engobes.*

L'engobage consiste à recouvrir une pâte céramique avec une matière terreuse et opaque, blanche ou colorée, destinée à dissimuler la couleur de la pâte. Les engobes se composent d'argiles ocreuses naturelles, ou d'un mélange d'alcali, de sable et d'oxyde métallique colorant fritté, puis broyé avec une certaine quantité d'argile blanche. Elles se posent généralement, sur les pieces crues, par arrosement ou par insufflation; on passe ensuite les pieces au feu de biscuit, puis on les recouvre d'une glaçure transparente. Ce mode de décoration est surtout employé pour les faïences fines et communes.

Pour les poteries et faïences communes, on emploie souvent un procédé de décoration très simple, qui consiste à humecter légèrement de barbotine les pièces, soit crues, soit engobées, et à faire tomber dessus une matière colorante convenablement délayée, qui s'étend à leur surface en donnant naissance à des arborisations très variées.

3° *Métaux.*

Les métaux employés en nature dans la décoration des poteries sont l'or, le platine et l'argent; encore l'argent est-il actuellement à peu près abandonné partout parce qu'il noircit et perd trop facilement son éclat. L'or s'obtient soit en le précipitant par une solution étendue de sulfate de protoxyde de fer de sa dissolution dans l'eau régale, soit en décomposant cette dernière par une solution de protonitrate de mercure. Le platine s'obtient en faisant chauffer du protochlorure de platine avec de l'alcool et une dissolution concentrée de potasse. L'or et le platine en poudre ainsi obtenus sont broyés sur une glace avec de l'essence de térebenthine rectifiée mélangée d'un peu de la même essence rendue grasse par le contact de l'air. On peut les poser ainsi sur les poteries à glaçure plombeuse; mais, sur les poteries à glaçure terreuse, il est nécessaire d'ajouter 1/12 à 1/15 de fondant n° 7 ou de tout autre fondant analogue.

4° *Lustres métalliques.*

Les lustres métalliques diffèrent des métaux en ce que ces derniers n'acquièrent le poli que par le brunissage, tandis que les lustres étant en couche extrêmement mince peuvent se passer de cette opération et présentent dans certains cas des tons irisés.

Le *lustre d'or* se prépare en précipitant par l'ammoniaque une dissolution régalienne d'or, délayant le précipité encore humide avec de l'essence de térébenthine, sans y ajouter de fondant, le posant au pinceau et le cuisant au feu de moufle.

Le *lustre de platine* s'obtient avec une dissolution concentrée de chlorure de platine mêlée avec une huile essentielle, étendue au pinceau et cuite au feu de moufle.

Le *lustre burgos* s'obtient en précipitant, par un acide faible, une solution de sulfure double d'or et de potassium, et broyant le précipité avec un peu de fondant et de l'essence de lavande. On l'étend en couche très mince.

En Espagne on emploie un *lustre cuivreux* analogue au précédent par sa teinte et qui paraît produit par du silicate de protoxyde de cuivre. Quelques essais dus à M. Brongniart sembleraient porter à croire qu'on l'obtient en jetant de l'oxyde de cuivre dans les fours où s'opère la cuisson.

Le *lustre cantharide* s'obtient avec un mélange de verre plombeux et d'un peu d'oxyde de bismuth et de chlorure d'argent, que l'on met au pinceau sur la poterie; on cuit ensuite la pièce au feu de moufle et on l'enfume, soit dans le moufle, soit en la retirant encore rouge.

Les lustres offrent une décoration économique et très brillante, mais peu solide.

Posage des couleurs.

Le posage des couleurs se fait dans la pâte même, sur la pâte et sous la glaçure, dans la glaçure et sur la glaçure.

On colore surtout les pâtes de faïence et de grès-cérames fins, rarement celles de porcelaine. Cette coloration se produit avec les oxydes métalliques que nous avons cités, mais comme ceux-ci augmentent la fusibilité de la pâte, il faut changer les proportions des éléments terreux qui entrent dans sa composition de manière à la durcir.

Le posage sous glaçure ou *par application*, n'est guère usité que pour la porcelaine et pour les couleurs de grand feu; on l'applique sur le dégourdi en l'imbibant d'abord d'eau, pour le rendre moins absorbant, ou en y faisant des réserves avec du suif fondu; dans ce dernier cas, il faut détruire la matière grasse, par un nouveau passage au feu de dégourdi, avant d'y appliquer la couverte.

Le posage dans la glaçure ne peut se faire, ainsi que les précédents, qu'avec les glaçures transparentes, telles que les vernis vitro-plombeux et les couvertes. On

Digitized by Google

délaie l'oxyde ou les oxydes métalliques dans la glaçure, qu'il est alors généralement nécessaire de durcir. Le posage s'exécute presque toujours par immersion, en faisant au besoin usage de réserves, comme il a été dit ci-dessus.

Le posage des couleurs sur la glaçure se fait ordinairement au *pinceau* et, pour les fonds ou teintes plates, au *putois*, sorte de pinceau qui a la forme d'une brosse. On délaie préalablement les couleurs en les broyant sur une glace avec de l'essence de térébenthine bien rectifiée, mêlée d'un peu de la même essence rendue grasse par l'exposition à l'air, et quelquefois d'un peu d'essence de lavande, qui a l'avantage d'être moins volatile que l'essence de térébenthine. Certains fonds de couleurs qui doivent être mis à une assez grande épaisseur, ou qui sont difficiles à étendre au putois, se posent au *mordant*; dans ce cas, on recouvre les parties de la pièce qui doivent recevoir la couleur avec de l'huile de lin ou de noix litharginée, que l'on pose au putois, puis on les saupoudre au tamis avec la couleur finement broyée et bien sèche.

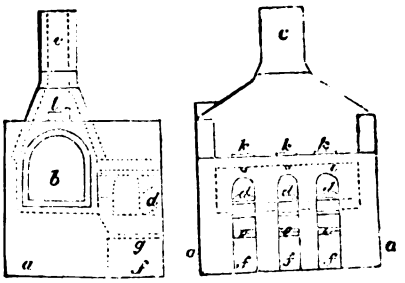
L'or, le platine et l'argent, se posent généralement avant les couleurs de moufle et se cuisent presque à la température du demi-grand feu ; on y ajoute quelquefois du noir de fumée, lors du posage, pour les rendre plus coulants et pour mieux distinguer les traits que l'on fait. On les laisse quelquefois mats, mais le plus souvent on les brunit d'abord avec des brunissoirs en agate, et on termine avec des brunissoirs en hématite dure (fer oligiste).

Posage des couleurs par impression.

Ce posage se fait, soit sur biscuit, soit sur glaçure ; la seule différence est que le biscuit ou dégourdi n'a généralement besoin d'aucune préparation, tandis que la glaçure doit être préparée en l'enduisant, soit d'eau alunée faible, soit d'essence de térébenthine mêlée de 1/12 de vernis de copal, et laissant sécher complétement. L'impression s'opère de deux manières différentes : tantôt on encre la planche type, gravée en taille-douce, avec une encre grasse formée avec de l'huile de lin ou de noix cuite, puis mélangée avec une couleur vitrifiable, ou une poudre métallique, et, excepté pour les noirs, verts et rouges, avec une proportion variable de noir de fumée ; on tire cette planche sur du papier humide et sans colle, très fin pour le posage sur glaçure, beaucoup plus tenace pour le posage sur biscuit ou dégourdi, et on décalque aussitôt après, sur la poterie, l'épreuve encore humide ; tantôt on encre seulement la planche en taille-douce avec de l'huile de noix cuite mêlée d'un peu d'essence de térébenthine ; on en tire, soit directement, soit par voie de transport, une épreuve sur une plaque mince de gélatine, qui sert à son tour à le transporter par application sur la poterie ; cette dernière se trouve ainsi imprimée en *mordant*, sur lequel on fixe par saupoudrage les couleurs vitrifiables ou les poudres métalliques. Lorsqu'on imprime sur biscuit, il faut repasser ce dernier au feu, pour détruire les matières grasses, avant de poser la glaçure.

Cuisson des couleurs.

Les couleurs de grand feu se cuisent avec la glaçure, les couleurs de demi-grand feu et les couleurs tendres se cuisent dans des moufles. Les fig. 2189 et 2190 donnent deux élévations de ces moufles : *a*, massif du fourneau à moufle ; *b*, moufle en argile portant à sa partie supérieure des ouvertures *k*, *k*, *k*, pour l'évaporation des essences ; *c*, cheminée ; *d d d*, porte du chargement du combustible sur la grille *e e* ; *f f*, cendrier. Généralement on accole les fourneaux à moufle, ce qui apporte quelques changements à la description représentée fig. 2189 et 2190. L'enfournement ne s'exécute qu'après que l'on a porté préalablement à une température supérieure à 100° la moufle et les pièces qu'elle doit renfermer. La cuisson a lieu exclusivement au bois et au charbon de bois ; il est essentiel qu'aucune fumée ou vapeur ne puisse pénétrer dans la moufle, ce qui



2189. 2190.

altérerait les couleurs. Le feu est conduit régulièrement, lentement d'abord, puis très rapidement vers la fin. On apprécie la température par la couleur du feu et par la nuance que prend le carmin de poudre de Cassius mis sur une petite lame de porcelaine et portée dans le milieu de la moufle au bout d'un fil de fer. La cuisson ne dure que peu d'heures.

Outre les moufles fixes, on a aussi essayé l'emploi de moufles mobiles, analogues aux fours continus à recuire le verre, mais on y a renoncé parce qu'il n'en était pas résulté d'économie. P. DEBETTE.

POTIER D'ETAIN. La poterie d'étain se fait avec un alliage ordinairement composé de 0,82 d'étain et de 0,18 de plomb, que l'on coule dans des moules en bronze, préalablement chauffés et intérieurement recouverts d'un enduit de pierre-ponce pulvérisée et délayée avec du blanc d'œuf.

POUCE D'EAU. C'est une ancienne mesure employée par les fontainiers, et qui équivaut à peu près à un débit de 20 mètres cubes d'eau par vingt-quatre heures.

POUDRE. *Historique.* La poudre est un mélange, dans certaines proportions, de soufre, de charbon et de salpêtre. La date de son invention est loin d'être connue. D'après un passage de Quinte-Curce, quelques savants veulent que les Indiens aient tiré contre Alexandre des projectiles dans des armes à feu. Les Chinois la connaissaient 80 ans avant Jésus-Christ ; mais il paraît qu'ils ignoraient le parti qu'on pouvait en tirer pour lancer des projectiles. 215 ans après Jésus-Christ, Julius Africanus fit la description de la composition de la poudre, et au sixième siècle Théodose décrivit les feux d'artifice. Ce qui tendrait à prouver que le salpêtre et la poudre sont venus aux Perses et aux Arabes de l'Orient, c'est qu'encore aujourd'hui les Perses appellent le salpêtre sel chinois, et les Arabes le désignent sous le nom de neige chinoise.

Ce qui paraît certain, c'est qu'on se servit longtemps du mélange des parties constitutives de la poudre pour la confection de feux d'artifices, sans connaître leur force de projection. En 1173, elles étaient ainsi employées en Perse. Albertus Magnus, dans les ouvrages hermétiques qu'il publia vers 1250, indique cet usage de la poudre. A la même époque, Marcus Græcus fit paraître un livre sur le feu propre à brûler les ennemis, tant sur terre que sur mer, et donna les moyens de construire des fusées et des pétards qui éclataient avec bruit, en employant un mélange bien pulvérisé de 6 parties de salpêtre, 1 p. de soufre et 2 p. de charbon.

En 1220, Roger Bacon avait déjà dit qu'on peut imiter le bruit du tonnerre, le surpasser même, et produire des feux plus brillants que les éclairs, avec du salpêtre, du soufre et du charbon, lesquels séparément ne font aucun effet, mais qui étant mêlés ensemble et renfermés dans quelque chose de creux et de bouché, font

Digitized by Google

plus de bruit et d'éclat qu'un coup de tonnerre. Il ajoute qu'on pourrait à l'aide de cette composition détruire une ville ou une armée.

Mais le hasard seul devait faire découvrir les plus précieuses propriétés de la poudre. En 1320, un moine allemand, Berthold Schwartz, de Fribourg, s'occupant à préparer le mélange de salpêtre, de soufre et de charbon, indiqué par Marcus, avait déposé sa matière dans un mortier recouvert d'une grosse pierre, le feu y prit par accident, et la pierre fut lancée au loin avec une très grande force. De ce jour la poudre, telle que nous la connaissons aujourd'hui, put réellement être placée au nombre des inventions humaines; mais ce ne fut qu'au commencement du seizième siecle que son usage prit une grande extension et devint général.

Propriétés. C'est en se décomposant par la combustion, que la poudre donne naissance à des produits dont l'expansion projette au loin les corps qu'on lui oppose. Nous allons dire un mot des phénomenes de l'inflammation et de la combustion, des produits qui en résultent, et enfin de la tension des gaz produits ou de la force absolue de la poudre.

Combustion. La poudre peut être enflammée par une étincelle électrique, par le contact d'un corps en ignition, ou par un échauffement subit de 240 à 250° de Réaumur. En l'échauffant graduellement et lentement, elle se décomposerait sans explosion, parce qu'il n'y aurait pas combinaison; le soufre, se sublimant, se dégagerait en entraînant un peu de charbon. Le choc peut développer une chaleur suffisante pour enflammer la poudre de guerre. On a cru longtemps que le fer seul était susceptible de causer un choc de cette nature. Des expériences faites devant tous les membres du comité consultatif des poudres et salpêtres, ont pleinement établi que le choc du cuivre contre le cuivre, du cuivre contre le fer, du plomb contre le plomb, et même du plomb contre le bois, pouvait enflammer la poudre de guerre. Il est donc d'un haut interêt d'éviter tous les chocs violents, quels qu'ils puissent être, dans le maniement des poudres.

Dans l'origine la poudre fut employée à l'état de poussière; mais dans cet état elle produisait pour les armes portatives une crasse humide qui l'empêchait, apres les premiers coups, de glisser au fond du canon. On prit donc le parti de la *grainer*. On s'aperçut alors que deux parties de cette poudre, dans ce nouvel état, produisaient autant d'effet que trois de poussier ou pulvérin.

L'explication de ce phénomène est simple : la poudre en grains laisse des interstices qui, dès le commencement de l'inflammation, se trouvent remplis de gaz à une haute temperature, en sorte que tous les grains entrent en combustion à la fois.

On distingue donc deux sortes de vitesses : la vitesse d'inflammation, qui est celle avec laquelle toute une charge prend feu, et la vitesse de combustion, avec laquelle un grain enflammé par sa surface se consume. C'est la somme de ces deux vitesses qui donne celle de la formation des gaz produits, d'où résulte la force d'expansion de la poudre.

Vitesse d'inflammation. Cette vitesse est immense, difficile à apprécier; on admet qu'elle est au moins de 10 mètres par seconde.

On a remarqué aussi :

Qu'elle diminue quand la grosseur des grains augmente; que le charbon noir lui est plus favorable que le charbon roux; que dans les bouches à feu, si les grains sont ronds, les interstices sont plus nombreux, les gaz se répandent plus facilement et les circonstances sont plus favorables à l'inflammation; que si les grains sont anguleux ils peuvent se resserrer, et qu'alors la vitesse d'inflammation diminue; enfin, que si la charge était composée de poussière ou pulverin, la flamme ne trouverait plus de passage, et la vitesse d'inflammation finirait par se confondre avec la vitesse de combustion. C'est sur cette observation que le savant M. Piobert a basé le moyen de conserver les poudres à l'abri des chances d'explosion, en les mélangeant avec du charbon en poussière dont on peut séparer les grains par un simple tamisage au moment de l'emploi.

Vitesse de combustion. La vitesse de combustion est plus facile à constater; des observations assez exactes font voir qu'un grain isolé se consume de la surface au centre avec une vitesse de 0m,01233 par seconde. On connaît la vitesse initiale d'un projectile, par conséquent le temps qu'il met à parcourir la longueur de l'arme dans laquelle il se meut. Donc pour que la poudre fasse tout son effet, il faut qu'elle soit toute consumée au moment où le projectile quittant l'arme n'est plus soumis aux gaz développés à chaque instant; il est donc intéressant d'avoir une formule qui donne la quantité de poudre brûlée en un instant quelconque.

Supposons un grain sphérique, la différence que l'on obtiendrait dans le résultat, pour un grain qui serait simplement un sphéroïde, est négligeable sans inconvénient. Appelons t' le temps total de combustion pour ce grain, et t le temps de combustion pour une certaine quantité de la poudre qui le compose; R étant le rayon primitif, r le rayon de la sphère persistante après la combustion opérée pendant le temps t, nous aurons : $r : R :: t' - t : t'$, ou $\frac{r}{R} = \frac{t' - t}{t} = 1 - \frac{t}{t'}$. La sphère entière étant prise pour unité, nous aurons pour expression du volume de poudre brûlée $1 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3$, car la sphère persistante a pour volume $\left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3$.

Si le volume primitif est A, l'expression de la quantité de poudre brûlée en un instant quelconque devient alors $A\left[1 - \left(1 - \frac{t}{t'}\right)^3\right]$.

Diverses circonstances influent sur la vitesse de combustion. Ainsi :

Plus les grains sont gros, plus le temps qu'exige la combustion totale de la charge est grand lui-même. En chargeant le mortier-éprouvette avec une seule galette du poids de 30 grammes, le globe ne sort pas de l'âme; si l'on divise cette galette en sept ou huit morceaux, le globe est à peine rejeté de l'éprouvette; en divisant en 12 ou 15 grains, le globe est porté à 3 mètres; avec 50 grains, il est porté à 9m,085; enfin, avec le même poids de poudre de guerre, il est moyennement porté à 52 mètres.

Dans des expériences faites à Dresde, en 1818, pour connaître au juste la grosseur qu'il convient de donner aux grains de la poudre de guerre, on a reconnu qu'en dépassant celle généralement adoptée, ces grains étaient projetés hors de la pièce sous forme de pluie de feu; que même quelquefois ils pouvaient s'éteindre dans l'air.

Nous avons dit qu'une poudre ayant une densité de 1,530, en prenant celle de l'eau pour unité, brûle avec une vitesse de 0m,01233 par seconde; mais si cette poudre contient 5 p. 100 d'eau, la vitesse de combustion n'est plus que de 0m,010.

Les proportions des composants exercent aussi une influence notable. Pour que la vitesse de combustion soit la plus grande possible, la proportion de soufre doit être comprise entre 8,50 et 12,20 pour 100. Si, au contraire, la proportion de soufre restant la même, celle de charbon diminue, la vitesse de combustion se ralentit.

Enfin, la trituration plus ou moins parfaite peut faire varier considérablement cette vitesse et aller jusqu'à la modifier de 1/7.

Digitized by Google

Produits de la combustion. La combustion donne lieu à des produits de deux natures bien distinctes, produits solides et gaz permanents.

Voici les résultats de la décomposition théorique d'une poudre composée de 10 de soufre, 15 de charbon et 75 de salpêtre :

Produits solides.

Sulfate de potasse.	11,00	
Sous-carbonate de potasse.	40,00	
Charbon mélangé avec les deux substances précédentes	3,00	54,50
Soufre vaporisé séparément	0,50	

Produits gazeux.

Acide carbonique	28,77	
Azote.	13,24	
Hydrogène carboné	2,70	49,99
Hydrogène sulfuré.	2,03	
Gaz nitreux.	3,25	
Total. . . .		104,49

L'erreur de 4 unités, que l'on remarque dans cette analyse, provient de l'ignorance où l'on est à l'avance de la plus ou moins grande quantité d'oxyde de carbone ou d'acide carbonique, qui doit se former dans la combustion de la poudre. Il n'en résulte pas moins de l'examen des résultats que la moitié des produits se compose de gaz permanents.

Quant aux produits solides, il est certain qu'ils sont volatilisés eux-mêmes au moment de l'explosion, en vertu de la haute température développée; c'est ainsi que la bonne poudre brûle sur le papier blanc sans y laisser de trace.

Une expérience directe de Rumfort constate le fait d'une manière encore plus frappante. Il a déposé une charge de poudre dans un canon en fer, dont l'orifice a été fermé à l'aide d'un corps pesant. Quand il y avait explosion et que le poids se soulevait, tous les produits s'échappaient.

Dans le cas contraire, l'appareil refroidi, il a constamment trouvé tous les produits solides condensés dans l'âme, et attachés aux parties les plus éloignées du point d'application de la chaleur.

A quelle température sont élevés ces produits gazeux? On a observé que le cuivre rouge pur, qui exige pour entrer en fusion une température de 2.550°, n'est pas toujours fondu par la poudre, tandis que le cuivre jaune, qui fond à 2 150°, l'est constamment. Si, d'un autre côté, l'on réfléchit à l'énorme quantité de calorique absorbé par les métaux avant d'entrer en fusion, on peut, sans crainte de se tromper, admettre la limite de 2.400°.

Ces données sur les volumes des produits gazeux, et la température à laquelle ils sont élevés, peuvent servir à évaluer la tension dont ils sont doués.

Tension des gaz produits ou force expansive de la poudre. On pourrait, en effet, théoriquement, obtenir approximativement cette valeur, s'il ne s'agissait que des gaz permanents, dont les tensions varient très lentement avec les hautes températures; mais il n'en est pas de même pour les vapeurs, dont la force élastique, au contraire, augmente très rapidement pour de petites élévations de température. Il y aurait là une source d'erreurs que rien ne pourrait limiter; il faut donc recourir à la voie de l'expérience. Or, on sait que les plus petites circonstances ont une énorme influence sur la force d'expansion de la poudre. Ainsi plusieurs livres de poudre, étendues sur une table légère en bois, ne produisent par leur inflammation qu'une légère dépression de la table; mais, si on recouvre la même quantité de poudre d'une simple feuille de papier, la table alors est complétement brisée. Rien donc d'aussi délicat que des expériences de cette nature; c'est encore Rumfort que nous allons suivre :

Si un canon en fer forgé est chargé de poudre et que son orifice soit fermé par un certain poids, on pourra déterminer la force absolue des gaz produits d'après la valeur du poids qui les comprime, et d'après la ténacité du fer forgé, s'il y a eu rupture.

Dans le premier cas, on a trouvé que la tension du gaz est supérieure à 9.000 ou 10.000 atmosphères; dans le second, la section de rupture était treize fois celle de l'âme. Les parois intérieures de l'éprouvette ayant une chaleur de 240° centigrades, à cette température la ténacité du fer est de 2.470 atmosphères; on a donc pour la force de tension des gaz produits $13 \times 2.470 = 32.110$ atmosphères. Si, au contraire, on prenait pour force de cohésion du fer à 240°, 1.900 atmosphères seulement, ainsi que paraîtraient devoir l'indiquer d'autres résultats d'expériences, on aura un minimum de 25.000 atmosphères; c'est-à-dire que la force d'expansion de la poudre est comprise entre 32.000 et 25.000 atmosphères.

Nous ne pouvons donner ici la mesure des effets de la poudre; nous en traiterons en partie à l'article PROJECTILE. Nous indiquerons seulement comment on peut évaluer le travail utile produit par son action.

D'après le principe, l'action égale et contraire à la réaction, les pressions exercées sur le boulet et sur la pièce sont égales; or, ces forces ont pour expression les masses multipliées par la vitesse dans $mv = m'v'$, ou en prenant les poids $\frac{P}{g}v = \frac{P'}{g}$ ou

$$P : P' :: v' : v.$$

Les pressions étant égales, le travail utile est bien différent pour le boulet et pour l'affût, puisqu'il faut multiplier les expériences ci-dessus par $1/2\ v$ et $1/2\ v'$, et que les vitesses sont en raison inverse des poids.

Le travail utile dépensé par la poudre est donc $1/2\ \frac{P}{g}v^2 + 1/2\ \frac{P'}{g}v'^2$.

Dans une pièce de 24, on peut admettre $P' = 300\,P$ dans $v = 300\,v'$. Pour une charge de 4 kil., on a sensiblement $v = 300^m$; d'où $1/2\ \frac{P}{g}v^2 = 152{,}935^{k.m}$ et $v' = 1{,}67$, d'où $\frac{P}{g}v^2 = 503^{k.m}$. Rapport de 1 à 304.

On voit combien est faible l'effet sur l'affût pour une action aussi considérable; elle se trouve à celle sur le boulet, encore sensiblement en raison inverse des masses.

Cette action est assez faible pour qu'on ait pu dire que les charges sont proportionnelles aux forces vives du boulet, au terme v^3, le seul variable de l'expérience $1/2\ \frac{P}{g}v^2$, qui donne l'effet produit.

Fabrication. En France, la fabrication de la poudre est l'objet d'un monopole de la part du gouvernement. Nous allons décrire les diverses opérations auxquelles elle donne lieu dans les établissements de l'État. Ces opérations sont de deux natures : celles qui regardent les matières premières, telles que le salpêtre, le charbon et le soufre; enfin, celles qui concernent la fabrication proprement dite dans les poudreries.

MATIÈRES PREMIÈRES (1).

SALPÊTRE. Composé de 0,5345 d'acide nitrique et de 0,4635 potasse — densité 2,09 — fusion à 350° — décomposition à la chaleur rouge — solubilité dans 100 parties d'eau; à 0°, 13,32; à 13°, 25,49; à 30°,

(1) Les proportions sont toujours données en poids et la température en degrés centigrades.

Digitized by Google

45,90 : à 40°, 63,80 ; à 60°, 110,70 ; à 80°, 170,80 ; à 100°, 246,15 — cristallise ordinairement en prismes ou en aiguilles profondément cannelées — saveur fraîche, salée et un peu amère — projeté sur des charbons rouges, il fuse et scintille vivement.

Il se trouve à la surface du sol dans l'Italie et dans quelques autres contrées méridionales. Le nitrate de soude qui se trouve en quantités si considérables au Chili et au Pérou fournit l'acide nitrique de la majeure partie du salpêtre employé aujourd'hui. Il se forme spontanément dans les lieux où les exhalaisons putrides des matières animales ou végétales sont en contact avec un air humide. On l'obtient dans les nitrières artificielles en disposant des amas de terre et de matériaux de démolition, de manière à reproduire les mêmes circonstances ; les meilleures rendent annuellement 3k,588 de salpêtre par mètre cube.

Extraction du salpêtre. — Lessivage. On scie en deux des tonneaux pour en faire des cuviers ; on les perce latéralement, tout près du fond, d'un trou de 0m,016 à 0m,18, dans lequel on introduit une chantepleure en bois ; on en dispose trois sur des chantiers élevés de 0m,5 à 0m,6, ou un plus grand nombre, en les groupant trois par trois. On garnit le fond de chaque cuvier d'une couche de paille et on les remplit, jusqu'à 0m,05 au-dessus des bords, de terres ou matériaux salpêtrés, broyés et passés à la claie. On verse dans le premier cuvier de l'eau pure en quantité telle, qu'après une parfaite imbibition, sa surface soit à la même hauteur que les matériaux salpêtrés. Après dix à douze heures, on la fait écouler et on la recueille dans un tonneau.

On fait un second lavage avec une quantité d'eau pure égale à celle de l'eau salpêtrée fournie par le premier. On retire cette nouvelle eau après trois ou quatre heures et on la réunit à celle du premier lavage dans le même tonneau : on fait sur le même cuvier un troisième et un quatrième lavage de la même manière que le second, et on met les eaux qui en proviennent dans des tonneaux séparés.

On appelle *eaux de cuite* celles qui sont assez chargées de salpêtre pour être évaporées ; elles doivent contenir au moins 10 kil. de salpêtre sur 100 litres ; *eaux fortes*, celles qui doivent passer encore une fois sur des terres neuves pour devenir eaux de cuite, *petites eaux*, les autres produits des lavages.

On regarde un cuvier comme épuisé, et on rejette les matières qu'il contient, lorsqu'il ne donne plus que 1 kil. de salpêtre par 100 litres d'eau, ou que l'eau que l'on en retire ne marque plus que 1 degré au pèse-liqueur pour le nitre.

Il faut employer le moins d'eau possible pour épuiser les cuviers, à cet effet on procède par la méthode de lavage dite par DÉPLACEMENT, que nous avons décrite avec détails p. 1106 et 1107 de ce dictionnaire, en prenant pour exemple le travail du salpêtre.

Saturation. Pour convertir en nitrate de potasse les nitrates terreux que contiennent les eaux de cuite, on y ajoute de la potasse du commerce (carbonate) dissoute dans moitié de son poids d'eau, jusqu'à ce qu'en agitant le mélange, il ne se forme plus de précipité.

On emploie avec avantage les cendres pour le même objet. On en met au fond des cuviers, sur la paille, jusqu'au quart de leur hauteur ; on ajoute ensuite de la potasse ou de nouvelle eau salpêtrée, selon que le terme de la saturation n'a pas été atteint ou qu'il a été dépassé.

Evaporation ou cuite. Pour obtenir une cristallisation abondante, il faut que l'ébullition soit entretenue jusqu'à ce que les eaux de cuite marquent 80° à l'aréomètre. Avant de commencer, il convient d'en réunir en quantité suffisante pour que la chaudière puisse être remplie d'eau à ce degré, c'est-à-dire huit ou neuf fois sa capacité, si les eaux de cuite sont à 10° ; on met l'eau de remplacement dans un bassin, qui verse dans la chaudière une quantité d'eau égale à celle qui s'évapore.

On chauffe vivement, surtout au commencement de la cuite. On enlève les écumes, et après les avoir fait égoutter dans un baquet placé sur le bord de la chaudière, on les rejette sur les terres à lessiver. Si le liquide se boursoufle et tend à se déverser, on arrête l'ébullition en modérant le feu et en jetant de l'eau froide salpêtrée dans la chaudière. On reçoit les dépôts terreux dans un chaudron suspendu au milieu de la chaudière, à quelques centimètres du fond ; on le vide de temps en temps, et on le retire tout à fait lorsque le sel marin recouvre le dépôt terreux. On enlève ce sel, qui est mêlé avec du chlorure de potassium, à mesure qu'il se dépose au fond de la chaudière, et on le fait égoutter dans un panier au-dessus de la chaudière.

Décantation et cristallisation. Lorsque la cuite est au degré convenable, on la laisse reposer quelques heures, afin de donner le temps au sel marin de se déposer, et on vide la chaudière avec un puisoir.

On verse la liqueur, pour la faire cristalliser, dans des vases placés en un lieu frais. La cristallisation est complète lorsque l'eau surnageante (*eaux mères*) a pris la température de l'air. On la décante alors, on fait égoutter, et on ajoute les eaux mères aux cuites suivantes, à moins qu'elles ne soient devenues trop épaisses ; dans ce cas, on les rejette sur les terres à lessiver. On détache le salpêtre, on le broie, et on verse dessus quelques arrosoirs d'eau pour le laver.

Dans cet état, c'est le *salpêtre brut* contenant environ 20 p. 100 d'humidité, de sels qui, pour la plupart, sont des chlorures très déliquescents et des matières terreuses.

Essai du salpêtre brut. On en prend 400 grammes, on verse dessus un demi litre d'eau saturée de salpêtre pur, on agite le mélange pendant dix minutes avec une spatule en verre, et on décante la liqueur sur un filtre. On lave l'échantillon une seconde fois de la même manière, avec un quart de litre de la dissolution de salpêtre pur et on verse le tout sur le filtre. On fait égoutter le filtre, et on le dessèche ensuite complétement en le posant d'abord sur un lit de matière absorbante, telle que de la cendre, de la chaux, et ensuite dans une capsule sur un feu doux.

L'eau saturée de salpêtre n'ayant enlevé que les sels étrangers, ce qui reste sur le filtre, diminué de 0,02 pour les matières terreuses et le salpêtre laissé par l'eau d'essai, est le salpêtre pur qui était contenu dans les 400 grammes essayés.

Les variations de température qui peuvent survenir pendant l'opération faisant varier la quantité de salpêtre pur qui reste sur le filtre, il est convenable de faire en même temps et dans le même lieu une semblable opération sur 400 grammes de salpêtre parfaitement pur. L'augmentation ou la perte qu'aura éprouvée cet échantillon, indiquera la correction à faire au résultat de l'essai du salpêtre brut.

Le salpêtre fourni par les salpêtriers commissionnés contient, terme moyen, 12 p. 100 de sels étrangers, humidité et matières terreuses ; il a subi un premier lavage dans leurs ateliers, autrement il en contiendrait 22 à 25 p. 100. Le salpêtre de l'Inde n'en contient que 6 à 8 p. 100.

RAFFINAGE DU SALPÊTRE. Procédés suivis à la raffinerie de Paris.

1er lavage. On opère sur 5.300 kil. de salpêtre brut contenant 0,06 de sels étrangers et 0,06 d'eau et de matières terreuses. On les lave avec 2.000 kil. d'eau saturée de salpêtre pur, provenant des opérations précédentes ; à défaut de cette eau saturée, on se sert d'eau pure. On mêle avec soin, et après douze heures, on ramasse le salpêtre d'un côté du cristallisoir en faisant

Digitized by Google

écouler par le côté opposé l'eau qui entraine les sels étrangers, et qui est ensuite traitée comme les eaux de cuite. Après ce lavage, le salpêtre ne retient plus que 0,01 de sels étrangers avec de l'eau et des matières terreuses, et les 5.300 kil. sont réduits à 5.000.

Collage. Dans une chaudière de 4.000 litres environ et à une chaleur modérée, on en fait dissoudre 4.600 kil. de salpêtre lavé dans 1.100 litres d'eau. On met d'abord 3.600 kil. de salpêtre avec 900 litres d'eau et le reste, successivement, en trois portions.

On a fait dissoudre 1 kil. de colle-forte dans 20 litres d'eau. Lorsque l'ébullition est près de commencer dans la chaudière, on y verse 15 litres de la dissolution de colle-forte étendue de 30 litres d'eau ; on écume avec soin. Ensuite, on ajoute 100 litres d'eau, afin de diminuer la densité du liquide et de permettre aux sels étrangers et aux matières terreuses de le traverser et de se déposer au fond ou de former des écumes ; c'est ce que l'on appelle *faire un lavage*. On jette dans la chaudière les 400 kil. de salpêtre restant, on fait un deuxième collage avec le reste de la dissolution de colle-forte étendue de 18 litres d'eau ; on écume pendant une heure environ ; on fait un deuxième lavage et, deux heures après, un troisième lavage ; on continue à écumer et on laisse évaporer, en poussant le feu, jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la chaudière qu'une partie d'eau pour cinq de salpêtre. On laisse reposer pendant quelques heures, en entretenant assez de chaleur pour qu'il n'y ait pas de cristallisation, et on décante dans le cristallisoir.

Cristallisation. On agite avec des râteaux pour empêcher la formation de gros cristaux ; on retire les eaux surnageantes lorsque leur température est réduite à 40°, et on laisse égoutter pendant plusieurs heures.

Arrosage. En sortant du cristallisoir, le salpêtre ne contient plus que 1/500 de sels étrangers. On le met dans des caisses qui peuvent en contenir 2,200 kil. On verse sur chacune, avec des arrosoirs, 1.000 litres d'eau en trois arrosages. On laisse séjourner pendant deux heures l'eau des deux premiers, avant de la faire écouler par des ouvertures pratiquées au fond des caisses ; l'eau du dernier arrosage ne fait que traverser la masse du salpêtre.

Séchage. Après ces lavages, le salpêtre ne contient plus que 1/18.000 de chlorures. On le laisse égoutter pendant quelques jours et on le fait sécher dans des bassins de dessiccation légèrement échauffés, en le remuant continuellement.

Embarillage. Le salpêtre bien séché, parfaitement blanc et pulvérulent, est passé dans un tamis de toile métallique fine, et mis dans des barils et chapes qui servent ensuite pour la poudre.

Une chape de 100 kil. en contient 180 kil. ; une de 50 — 100 kil.

Un baril de 100 kil. en contient 110 kil. ; un de 50 — 60 kil.

Eaux d'arrosage. Elles sont conservées pour faire le premier lavage du salpêtre brut, ou bien réunies aux eaux surnageantes.

Eaux surnageantes. En sortant du cristallisoir, elles sont reçues dans des bassins où elles se refroidissent et déposent du salpêtre, que l'on réunit à celui qui a subi le premier lavage dans une autre opération ; on en fait ensuite des cuites qui fournissent du salpêtre brut.

Écumes. On appelle *grosses écumes* celles qui proviennent du raffinage. On en réunit 2.000 kil., que l'on met dans une chaudière avec 1.200 litres d'eau. On chauffe graduellement jusqu'à faire jeter quelques bouillons ; on écume, on laisse déposer, on décante et on obtient du salpêtre brut qui cristallise par le refroidissement.

Sur le dépôt encore chaud, on verse 1.000 à 1.200 litres d'eau et on ajoute les *secondes écumes*, de manière à remplir la chaudière. Après avoir chauffé, écumé et laissé reposer, on décante, on réunit le liquide clair aux eaux surnageantes, et on rejette les dernières écumes et le dépôt sur les matériaux à lessiver.

Les 5.300 kil. de salpêtre brut fournissent ainsi : 3.600 kil. de salpêtre raffiné et séché, plus 100 kil. de salpêtre pur restés dans les écumes, 650 dans les eaux surnageantes, 450 dans les eaux d'arrosage, et que l'on retrouve dans les opérations suivantes ; en tout 4,700 kil. de salpêtre pur.

Essai du salpêtre raffiné. Pour être employé dans la fabrication de la poudre, il faut que le salpêtre ne contienne pas plus de 1/3 000 de chlorures. Pour en faire l'essai, on en dissout 10 gramm. dans le moins d'eau tiède possible ; on y verse ensuite 1 gramme de dissolution de nitrate d'argent contenant 0,00968 grammes de ce sel, quantité nécessaire pour décomposer 10/3.000 de gramme de sel marin. On filtre et on divise le liquide filtré en deux parties. Dans l'une, on ajoute quelques gouttes de la liqueur d'épreuve ; si le mélange reste limpide, on est assuré que le salpêtre ne contient pas plus de 1/3.000 de chlorure de sodium. Dans l'autre partie on jette un peu de dissolution de sel marin ; si elle se trouble, c'est que le salpêtre en contient moins. On pourrait connaître exactement la quantité de ce sel, en employant la liqueur d'épreuve par petites portions. A Paris, cette quantité n'est que 1/18.000 du salpêtre.

Pour préparer une dissolution de nitrate d'argent au titre indiqué, on prend une quantité quelconque de ce sel exprimée en grammes, on divise ce nombre de grammes par 0,00968 ; le quotient est le nombre de grammes d'eau dans lequel il faut faire dissoudre le sel.

Charbon. Les charbons de bois légers, tels que la bourdaine, les chenevottes, le tilleul, le fusain, le coudrier, le saule, le peuplier, etc., sont ceux qui conviennent le mieux pour la fabrication de la poudre, à cause de la facilité avec laquelle ils se prêtent à la trituration. On n'emploie pour les poudres de guerre que le charbon de bourdaine.

Tous les bois contiennent à peu près 0,52 de charbon avec de l'oxygène et de l'hydrogène dans la proportion qui constitue l'eau ; par la distillation lente, on n'en obtient au plus que 0,40 de charbon.

Il faut, autant que possible, couper le bois dans la sève du printemps ; choisir les branches de 0m,02 de diamètre ; refendre celles qui sont plus grosses ; les peler et rejeter l'écorce. Les menues branches sont mises à part pour faire le charbon destiné à la fabrication des poudres fines.

Dans les poudreries à pilons on carbonise dans des fosses. A mesure que le bois s'affaisse par la combustion, on en jette dessus de nouveau, jusqu'à ce que la fosse soit remplie. Quand la flamme a gagné les dernières couches, on ferme hermétiquement la fosse avec un couvercle recouvert de terre damée. Au bout de quarante-huit heures, on retire le charbon et on sépare la braise et les fumerons ou *brûlots*. Dans les poudreries où sont établis les nouveaux procédés, on distille le bois dans des cylindres en fonte de fer, montés dans un fourneau.

Soufre. Densité 2,033, fusion à 108° ; prend une consistance pâteuse à 160° environ ; se vaporise à 360°.

Soluble dans la potasse caustique, et mieux dans les sulfites alcalins.

Le soufre bien pur est d'une belle couleur jaune citron, il craque lorsqu'on le serre dans la main ; sa cassure est brillante.

Le soufre brut, extrait par une première distillation des minerais où il se trouve à l'état natif, retient environ 1/12 de matières terreuses.

On le purifie par une seconde distillation, à la suite de laquelle on le coule dans des barils, ou dans des

Digitized by Google

moules où il prend la forme de *bâtons*, ou bien on le recueille à l'état de *fleur de soufre*.

On peut le purifier d'une manière très expéditive, en le faisant fondre dans une chaudière et en le filtrant à travers une toile épaisse, après l'avoir écumé ; par ce procédé il est difficile de le purger entièrement de toute impureté.

FABRICATION.

Dosage des poudres.

	Salp.	Charb.	Soufre.
Poudre de guerre.	75	12,5	12,5
Poudre de chasse fabriquée aux pilons.	78	12	10
Poudre de chasse d'Angoulême et du Bouchet (104 p.). .	80	14	10
Poudre de chasse d'Esquerdes. . .	76	14	10
Anc. poudre ronde d'Essonne. .	74	16	10
Poudre de mine.	62	18	20
— de traite.	62	20	18
Poudres anglaises de guerre pour le Gouvernement. .	75	15	10
Poudres anglaises de Dartfort. . . .	75	17	0
Poudres anglaises de Tumbridge. . .	76	14,5	9,5
Poudres anglaises de Hounslow. . .	78	14	8
Berne.	76	14	10
Suède.	75	16	9
Prusse.	75	13	11
Hollande.	70	16	14
Autriche.	68	16,5	15,5
Chine.	75,7	14,4	9,9

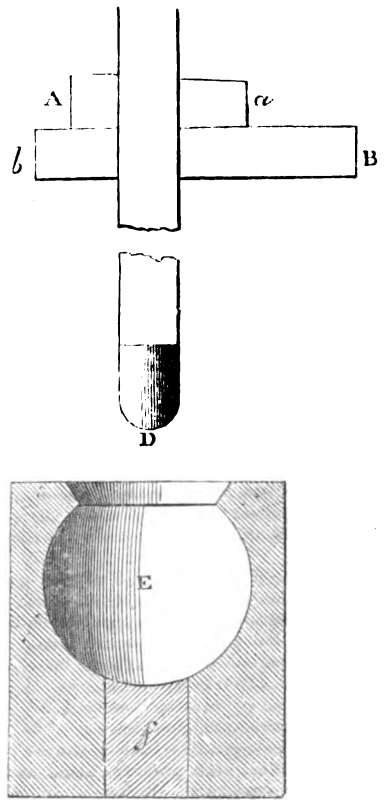
Fabrication dans les poudreries. Elle consiste essentiellement à exécuter d'une manière invariable les opérations suivantes : *trituration*, *mélange*, *humectation*, *compression*, *granulation*, *séchage*.

Pilons. Les quatre premières opérations sont exécutées à la fois par des pilons.

Un moulin renferme ordinairement 20 ou 24 mortiers et pilons formant deux batteries. Chaque pilon (fig. 2191) pèse 10 kil., et tombe, de 0m,40 de hauteur, cinquante-cinq fois par minute ; le bas du pilon est garni d'une *botte à pilon* en bronze. Les mortiers se rapprochent de la forme sphérique et sont creusés dans une pièce de bois de chêne ; leur fond est garni d'un tampon de bois dur, ils reçoivent chacun 10 kil. de composition.

La durée du battage est de onze heures. On met d'abord dans chaque mortier 1k,25 de charbon en morceaux avec 1 kil. d'eau. Après une demi-heure de battage à quarante coups par minute, on ajoute 7k,50 de salpêtre, tel qu'il sort des raffineries, et 1k,25 de soufre, qui a été préalablement broyé au moyen de meules ou de tonnes de trituration et tamisé. On mélange bien les trois matières à la main, et pendant le premier quart d'heure on ne fait battre que quarante coups par minute. Après chaque heure de battage, on fait passer les matières d'un mortier dans un autre. Au sixième ou huitième *rechange* on ajoute 0k,250 d'eau. On ne fait pas de rechange pendant les deux dernières heures, pour laisser la composition se lier et prendre du corps. En sortant des mortiers on la laisse essorer : ensuite elle est grenée.

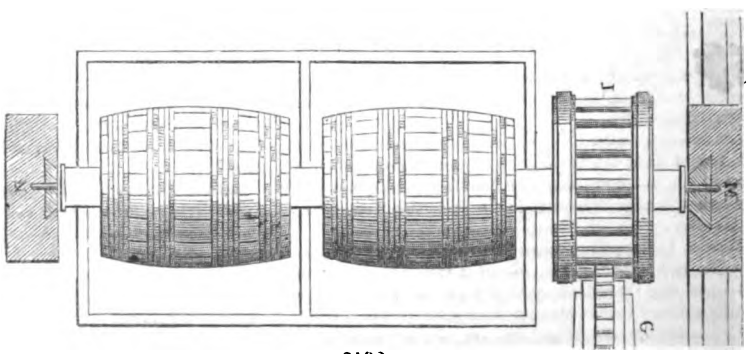
Le procédé des pilons est exclusivement employé pour la poudre de guerre.



2191.

La poudre fabriquée par les autres procédés ayant causé une plus prompte destruction des bouches à feu, ces procédés ont été provisoirement interdits en France pour la poudre de guerre ; ils ne servent actuellement que pour les poudres de chasse.

Pilons et tonnes. Pour diminuer le temps et les dangers du battage, on peut triturer les matières et en faire le mélange dans des tonnes, avant de les mettre sous les pilons.



2192.

Les tonnes à pulvériser et à mélanger (fig. 2192) sont semblables. Elles ont 1m,14 de diamètre sur 0m,55 de longueur intérieure. Elles sont formées de liteaux arrondis,

Digitized by Google

ayant intérieurement 0m,014 de saillie et espacés entre eux de 0m,23. Les intervalles entre les liteaux sont remplis par du cuir fort, dont l'élasticité empêche la matière d'adhérer aux parois, inconvénient qui se produirait dans des tonnes en bois. Chaque tonne renferme 50 kil. de gobilles de 0m,005 à 0m,008 de diamètre, coulées avec un alliage de 75 parties de cuivre et 25 p. d'étain. On fait tourner avec une vitesse de vingt-cinq à trente tours par minute.

Dans la tonne à pulvériser on met pendant deux heures 25 kil. de mélange binaire, charbon et soufre.

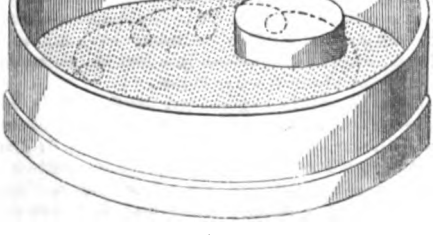
On met de même pendant deux heures 25 kil. de mélange ternaire dans la tonne à mélanger, en y faisant entrer le salpêtre dans l'état où il est fourni par les raffineries, ou simplement concassé. On porte ensuite le mélange sous les pilons, on l'arrose de 15 p. 100 d'eau, et on le soumet à un battage de trois heures seulement.

Meules. Dans la plupart des États de l'Europe les pilons sont remplacés par des meules pesant 3.000 à 4.000 kil., en marbre ou en fonte, roulant sur une *piste* ou *auge* de même matière, ordinairement accouplées, liées à un arbre vertical, dont elles sont distantes de 0m,30 à 0m,40, et faisant dix révolutions par minute. On met sur l'auge 20 kil. de composition. Deux heures suffisent pour opérer le mélange.

Presses. Au moyen d'une presse hydraulique ou à vis, on peut éviter l'emploi des pilons ou des meules, machines coûteuses et difficiles à établir. On humecte la composition sortant de la tonne à mélanger avec 10 p. 100 d'eau, qu'on a soin de répartir bien également, en brassant avec les mains et en se servant d'un arrosoir très fin ou d'une brosse. On la fait passer par un crible avec un *tourteau* en bois pour bien la diviser. On la soumet ensuite à la presse qui la met à l'état de *galette*.

Granulation. Elle s'exécute de la même manière, quel que soit le procédé employé pour former la *pâte* ou *galette* à grener.

On la laisse *essorer*, pour lui enlever l'humidité qui l'empêcherait de se briser. Elle est ensuite divisée sur un crible, qu'on appelle *Guillaume* (fig. 2193), par l'action d'un



2193.

tourteau ou disque de bois dur, pesant de 2 à 5 kil., de 0m,22 de diamètre, 0m,06 d'épaisseur au milieu et 0m,05 sur les bords. L'ouvrier donne au crible un mouvement, tel que le tourteau parcourt sa circonférence en s'appuyant contre la *cerce*. La pâte brisée passe à travers la *perce* du crible, à mesure que la grosseur des fragments le permet.

La poudre divisée est ensuite passée sans tourteau au crible appelé *grenoir à canon* ou *grenoir à fusil*. Ce crible sert de *sur-égalisoir* pour égaliser les grains trop gros. Un troisième crible, appelé *sous-égalisoir*, sert à séparer les grains trop fins.

			En peau.	En toile métalliq.
			m.	m.
Diamètre des trous ou perce	du Guillaume.		0,0080	0,0068
	du grenoir et du sur-égalr	pour canon.	0,0025	0,0021
		pour fusil.	0,0014	0,0012
	du sous-égalisoir	pour canon.	0,0014	0,0012
		pour fusil.	0,0006	0,0005

Séchage. S'opère par deux moyens : 1° à l'air libre. On choisit un temps convenable, on étend la poudre sur des toiles de coton tendues sur des tables, et on renouvelle fréquemment les surfaces ; il faut dix à douze heures.

2° Dans une sécherie artificielle : un courant d'air échauffé traverse une couche de poudre de 0m,10. Ce moyen exige peu de main-d'œuvre et n'occasionne pas de déchet. Une sécherie peut sécher jusqu'à 1.200 kil. de poudre par jour. A la poudrerie du Bouchet, il n'en coûte que 3 fr. 75 c. pour la tourbe consommée.

Poussiers. Les grains trop fins et les poussiers sont remis aux pilons, arrosés de 12 à 16 p. 100 d'eau et battus pendant trois heures.

Densité de la poudre. Après le séchage un litre de poudre de guerre pèse 840 à 850 grammes. On appelle *gravimètre* la mesure ayant exactement un décimètre cube, qui sert pour prendre le litre de poudre dont le poids donne la *densité gravimétrique* de la poudre.

Époussetage. Avant d'être embarillées, les poudres sont passées au blutoir, ou au tamis de crin ou de soie, pour être débarrassées du poussier.

Lissage. On ne lisse que les poudres de chasse et de commerce extérieur. Cette opération s'exécute avant le séchage ; elle peut être employée pour masquer le défaut d'une poudre molle et poreuse. On fait varier la charge du *lissoir* et le temps du lissage selon l'effet que l'on veut obtenir.

Le *lissoir* est une tonne garnie de quelques côtes peu saillantes, dans laquelle la poudre à lisser est mise seule et qui fait de quinze à vingt tours par minute.

Les poudres de chasse sont fabriquées par des procédés semblables à ceux qui sont employés pour les poudres de guerre. Aux pilons elles sont battues pendant quatorze heures.

FABRICATIONS EXPÉDITIVES. — *Poudres rondes.* On établit un baril de 50 kil. sur un arbre qui traverse les deux fonds ; on le garnit intérieurement de liteaux. Pour boucher les joints, on applique à l'extérieur une toile avec de la colle-forte, et on remet les cercles par dessus la toile. On met dans le baril 5 kil. de soufre concassé et 5 kil. de charbon, avec 30 kil. de gobilles, ou à leur défaut de plomb à giboyer de différentes grosseurs jusqu'au n° 4 (0m,0035 environ) pour le plus petit. On fait tourner à bras, ou autrement, avec une vitesse de trente tours par minute. On prend 5 kil. du mélange binaire, ainsi trituré, on y joint 15 kil. de salpêtre, et on triture pendant deux heures avec les gobilles. On arrose les 20 kil. de mélange avec 2 kil. d'eau, en pétrissant pour la répartir également. On passe au grenoir avec le tourteau.

Les grains ainsi obtenus n'ayant été soumis à aucune compression, manquent de consistance. Pour leur en faire acquérir, on les met dans un baril n'ayant que 5 ou 6 liteaux de 0m.01 de saillie. On fait faire en commençant huit tours par minute, et on augmente progressivement jusqu'à vingt. La compression est d'autant plus forte qu'il y a plus de grains dans le baril, mais il n'en faut pas mettre au-delà de la moitié de sa capacité. On continue à tourner jusqu'à ce qu'une petite mesure de 35 centimètres cubes puisse contenir exactement 30 grammes de poudre. (C'est la densité ordinaire des poudres rondes.) On frappe sur les douves du baril pour empêcher la poudre de s'y attacher.

On égalise et on fait sécher comme à l'ordinaire. Les

Digitized by Google

grains trop fins ou trop gros, après avoir été séchés, sont remis dans le baril à triturer avec de nouvelle composition.

La poudre ainsi fabriquée est ronde; la surface des grains est assez dure, mais l'intérieur reste mou, ce qui la rend peu propre à se conserver et peut occasionner des longs feux dans le fusil.

On évite ce défaut par le moyen suivant :

On mouille à 10 p. 100 d'eau les 2/3 des 20 kil. de poussier sortant du baril de trituration. On pétrit et on fait passer la pâte dans un crible fin, dont les ouvertures ont 0m,00085 de côté s'il est métallique, ou 0m,001 s'il est en peau. On met le tout sur un drap de lit, auquel on imprime un mouvement de va et vient. Au bout de quelques minutes, les grains ayant pris un peu de corps, on projette de l'eau en gouttelettes très fines, avec une brosse ou un balai de crin. On jette ensuite par portions successives, et en continuant toujours le mouvement, le 1/3 du poussier qui est resté sec et qui s'attache aux petits grains par couches superposées. On arrive ainsi à la grosseur de grains qui convient. L'eau projetée est à peu près le dixième du poids du poussier sec. L'opération dure de dix à quinze minutes.

L'égalisage donne les deux tiers de grains trop fins, qui sont traités de la même manière au moyen de poussier préparé d'avance. Ainsi chaque opération fournit le petit grain pour la suivante. On ne se sert du grenoir fin que pour commencer, et pour réduire les grains trop gros, qui se forment en très petite quantité.

On donne la compression nécessaire par le lissage, et enfin, on sépare les grains à canon et les grains à fusil.

Le même procédé peut s'appliquer ainsi qu'il suit à une fabrication permanente. Le drap est remplacé par une tonne de 1m,35 de diamètre sur 0m,62 de longueur, montée sur un axe horizontal, faisant de cinq à six tours par minute; l'un des fonds ouvert suivant un cercle concentrique de 0m,60, pour qu'on puisse y jeter le poussier et y introduire la main sans arrêter le mouvement. L'eau d'arrosage y est portée par un tube parallèle à l'axe, percé d'un rang de trous capillaires, et recevant l'eau d'un réservoir élevé de 4 ou 5 mètres, ou sous une pression équivalente. Quand le grenage d'une charge est terminé, on la retire par une porte qui s'ouvre sur le pourtour de la tonne.

On charge la tonne de 100 kil. de petit grain, *noyau*, pour faire de la poudre à canon, et de 150 kil. pour faire de la poudre à fusil. Dans l'un et l'autre cas, on arrose avec 5 kil. d'eau et on jette 50 kil. de poussier. L'opération dure de quinze à vingt minutes. Si l'on voulait avoir un grain encore plus fin, il suffirait d'augmenter la quantité de noyau.

L'égalisage donne, avec la charge :

	Pour poudre à can.	à fusil.
Grains à canon.	32k	6k
— à fusil.	18	44
Sur-égalisures qu'on passe au grenoir fin pour refaire du noyau. . . .	5	4
Sous-égalisures servant de noyau. .	95	146

Si la tonne à grener était chargée de 100 kil. de poudre à fusil, l'addition de 5 kil. d'eau et de 50 kil. de poussier donnerait 150 kil. de poudre à canon.

On lisse dans une tonne pareille et ordinairement montée sur le même axe. On la charge de 150 à 200 kil. de poudre. On en prend de temps en temps un échantillon, pour reconnaître sa densité avec la mesure de 35 centimètres cubes ou avec le gravimètre.

La poudre ronde ainsi fabriquée ayant rendu plus rapide la destruction des bouches à feu, ce procédé a cessé d'être employé pour les poudres de guerre, malgré tous ses avantages, au moins jusqu'à ce que l'expérience ait fait reconnaître les modifications qu'il convient d'y apporter. On continue à l'employer, dans plusieurs poudreries, pour les poudres de mine.

On pourrait obtenir du grain anguleux en établissant une presse, avec laquelle on transformerait en *galette* le mélange humecté. Il suffirait de réunir deux solives à l'une de leurs extrémités par un cordage qui servirait de charnière. La matière serait posée entre deux plateaux en bois de 0m,2 d'épaisseur, placés tout près de la charnière. Un poids appliqué à l'autre extrémité de la solive supérieure, ou un second cordage, produirait la pression nécessaire.

Poudre anglaise. Tels sont les modes de fabrication suivis en France. En Angleterre, la série des opérations est la même. Voici les quelques modifications qu'on y remarque :

Le charbon est toujours fait en vases clos. On distille le bois dans des cylindres de fer creux disposés en lignes parallèles et fixés sur un mur en briques. Ces cylindres ont 1m,20 de diamètre sur 1m,80 de long; ils sont placés horizontalement, de sorte que la flamme d'un brasier joue autour de deux cylindres; les deux extrémités sortent un peu du mur. On adapte avec force à l'un des bouts de chaque cylindre un disque de fer fondu. Du centre de ce disque sort un tube en fer de 0m,15 de diamètre, qui entre à angle droit dans le tube principal de réfrigération. Le diamètre de ce tube doit être de 0m,25 à 0m,35 selon le nombre des cylindres; l'autre extrémité du cylindre est fermée par un disque en fer luté tout autour avec du mastic et affermi par des chevilles. La charge de bois d'un cylindre est à peu près de 400 kil. On tient le brasier allumé tout le jour: la nuit on laisse les cylindres se refroidir, et le lendemain matin on ouvre la bouche du cylindre pour ôter le charbon et mettre une nouvelle charge de bois. Le charbon ainsi obtenu est roux; il pèse à peu près un cinquième du poids du bois.

On ne triture pas la matière dans des pilons, mais bien sous des meules. 25 à 30 kil. de composition sont placés sous deux meules verticales roulantes mises en mouvement par une roue hydraulique. Ces meules reposent sur une auge dont le lit est en fer; elles roulent en tournant autour d'un arbre vertical traversé par l'axe horizontal qui leur est commun. Deux pièces de bois nommées charrues suivent les meules, et refoulent la matière des côtés vers le milieu de l'auge. Deux heures de travail suffisent pour la trituration.

La granulation s'opère par le procédé des tamis munis de disques en bois dur et pesant; mais ces tamis ou cribles, au lieu d'être mus par des ouvriers, sont adaptés au nombre de trente environ sur des châssis, auxquels un mécanisme fort simple communique un mouvement excentrique.

Toute la poudre anglaise est lissée; on la met, quand elle est granulée, dans des cylindres de canevas, assujettis sur des cercles et renfermés dans de grands cylindres en bois. Ceux-ci, tournant rapidement sur leur axe, obligent les grains à se frotter les uns contre les autres, et à acquérir aussi plus de lustre et de dureté. Le second cylindre en toile empêche le poussier, qui passe à travers la toile du premier cylindre, de s'échapper et de se perdre. Ce poussier est mouillé et travaillé de nouveau.

Enfin, le séchage s'effectue à la vapeur. On met la poudre sur des plateaux de cuivre, qu'on range en ligne sur des planches posées les unes sur les autres. Les tubes de vapeur passent autour des plateaux et entre chaque étage. Il ne faut pas que la poudre soit séchée trop vite, ni par une chaleur trop intense. La chaleur requise est de 49° centigrades.

Embarillage. La poudre fabriquée, il faut la mettre en barils. Cette opération ne laisse pas d'être délicate, et demande de grandes précautions.

Les poudres de guerre sont mises dans des *barils* de

Digitized by Google

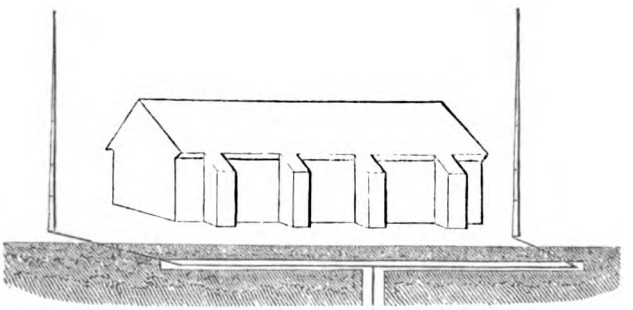
la contenance de 50 à 100 kilogrammes qu'on renferme eux-mêmes dans des *chapes*.

Les douves ou douelles et les fonds ou enfonçures des barils et des chapes doivent être en chêne ou en châtaignier, refendu et non scié. Ces bois, ainsi débités, s'appellent merrains; ils doivent être très sains et très durs.

Les cercles sont en chêne ou en châtaignier blanchâtre; le rouge doit être rejeté; on les dépouille de l'écorce.

Emmagasinage. Les dangers énormes qui environnent tout amas un peu considérable de poudre ont fait adopter certaines dispositions réglementaires toutes les fois qu'il s'agit d'en conserver.

Les bâtiments qui servent de magasin pour la poudre



2194.

s'appellent poudrières (fig. 2194). Leur toit est supporté par une voûte, et de plus ils ont encore une voûte sous leur sol; le plancher est en madriers de chêne et sans clous; l'air doit circuler sous le plancher. Les barils sont disposés sur six rangs, isolés les uns des autres et des murs latéraux. Les chantiers sur lesquels ils reposent sont en chêne bien sain, sans aubier, assemblés par deux épars de même bois, placés sur des dés cubiques correspondant autant que possible aux lambourdes du plancher.

On peut absorber une partie de l'humidité d'un magasin au moyen du chlorure de calcium, qu'on renouvelle de temps en temps, et que l'on place dans une caisse ouverte suspendue à la voûte. De la poudre jetée sur de la chaux vive, qui absorbe l'eau avec une grande activité, pourrait s'enflammer. Il faut de plus aérer le magasin quand le temps est sec et le ciel serein, et établir des moyens de ventilation: enfin, n'entrer qu'avec des sandales, et déposer au-dehors tout ce qui serait susceptible de produire des étincelles.

Chaque poudrière est munie de paratonnerres, qu'on a trouvé avantageux de placer près le bâtiment: le mieux est de leur donner deux conducteurs, l'un du côté où se forment le plus fréquemment les orages, l'autre du côté opposé.

Épreuves. Avant de se servir d'une poudre ou de la mettre en magasin, on doit l'éprouver. Pour cela, il faut faire ouvrir au moins un baril sur vingt, en ayant soin d'en prendre un de chaque date de fabrication.

La poudre doit être d'un grain égal, ne s'écraser que difficilement sous la pression du doigt, et ne laisser aucune trace de poussier quand on la fait glisser sur la main.

On prend dans chacun des barils ouverts quatre échantillons de 92 grammes de poudre chacun, qu'on pèse avec soin, et qu'on renferme dans des gargousses étiquetées pour les transporter au champ d'épreuve.

On vérifie avec la plus grande exactitude le diamètre intérieur de l'éprouvette (qui est un petit mortier), celui de la lumière et celui du globe qui lui sert de projectile. Le diamètre de l'éprouvette doit être de 7po. 0l. 9p., et celui de la lumière de 1l. 6p.; le diamètre du globe de 7po., et son poids de 29k,30. On note toutes les altérations, même les plus légères.

On choisit pour la chute des globes un terrain qui ne soit ni pierreux ni trop dur. On dispose le mortier-éprouvette sur une plate-forme bien horizontale, établie sur un massif en maçonnerie, formée de lambourdes en chêne jointives de 0m,16 sur 0m,10, assemblées solidement par deux fortes traverses, et posées dans le sens de la ligne de tir.

On place une étoupille dans la lumière, on verse dans la chambre, au moyen d'un entonnoir coudé, les 92 grammes d'un des échantillons sans refouler; on place le globe dans l'éprouvette au moyen de la poignée, qu'on remplace ensuite par le bouton vissé; et on met le feu.

On tire, pour chaque poudre, trois coups, dont on prend la portée moyenne. En commençant l'épreuve, on tire un coup, qui ne compte pas, pour *flamber* le mortier.

Dans les poudreries, le règlement exige une portée de 225 mètres au moins pour les poudres neuves, et de 210 pour les poudres radoubées.

Les éprouvettes ne tardant pas à se détériorer et donnant des portées de plus en plus faibles, on corrige les portées des poudres soumises à l'épreuve, au moyen d'une *poudre-type* choisie parmi les poudres de guerre (*grain à canon*), de fabrication courante, laquelle est conservée avec soin dans des bouteilles de verre ou des boîtes en fer-blanc bien desséchées et fermées hermétiquement. La portée actuelle de cette poudre, comparée à sa portée primitive dans la même éprouvette, fait connaître la perte due aux altérations de l'instrument et la correction à faire. La portée de la *poudre-type* se détermine par un tir de six coups, en prenant la moyenne des cinq derniers.

Lorsque les portées de la poudre-type sont descendues à 200 mètres, il est nécessaire de renouveler le mortier-éprouvette ou seulement le globe.

Dans le service, une poudre neuve n'est rejetée que lorsque sa portée, après la correction faite, reste au-dessous de 210 mètres.

L'on a soin de constater le nom de la poudrerie et l'année de fabrication. — La nature de la poudre : à canon, de mousqueterie, de mine, de traite, dure, friable, ronde, anguleuse, bien ou mal époussetée. — La densité déterminée au gravimètre. — La portée de chaque coup et la portée moyenne. — Les altérations de l'éprouvette et de son globe. — L'état hygrométrique de l'air, la direction du vent relativement à la ligne de tir, la hauteur du baromètre et du thermomètre au moment de l'épreuve.

Moyens d'épreuve à employer dans des circonstances particulières. On peut éprouver la poudre en la comparant avec celles des approvisionnements : 1° au moyen d'un obusier, à petites charges; 2° au moyen d'un canon de fusil monté en pendule : les reculs de ce pendule sont proportionnels aux vitesses imprimées à la balle.

Enfin, il existe plusieurs éprouvettes particulières auxquelles on peut être obligé d'avoir recours; les deux suivantes sont le plus généralement employées.

Éprouvette Régnier, peson gradué au moyen de poids. On remplit de poudre une petite cavité qui en contient environ un gramme. L'explosion écarte un obturateur porté à l'extrémité d'un ressort, et un index glissant sur un limbe gradué marque le nombre de degrés que le

Digitized by Google

ressort a parcourus. On n'emploie ordinairement cet instrument que pour comparer des poudres de chasse à une poudre-type. Les résultats pris à des époques différentes ne sont pas comparables à cause des variations dans la force du ressort, la résistance de l'index, etc.

Éprouvette à crémaillère, en usage en Autriche.

Un petit canon vertical reçoit environ 1,5 gramme de poudre. L'explosion soulève un poids qui fait système avec une crémaillère sur une longueur de 0m,320. Un cliquet arrête la crémaillère, lorsque le poids est arrivé à son point culminant, et la hauteur de ce point est une indication de la force de la poudre.

Dans ces deux éprouvettes, la poudre éprouvée est mesurée au volume; avec le mortier-éprouvette et les autres moyens indiqués plus haut, elle est mesurée au poids.

Analyse. Nous terminerons cet article par l'analyse de la poudre, ou les moyens, étant donné une poudre quelconque, de déterminer les doses de ses éléments constitutifs.

Pour déterminer le poids du salpêtre : dans un vase de cuivre étamé en forme de cafetière, on fait dissoudre 100 grammes de poudre bien desséchée avec 200 grammes d'eau distillée, et on chauffe jusqu'à l'ébullition. Après un moment de repos on décante sur un filtre double et égalisé. On répète cette opération quatre fois; à la quatrième on ne décante point, on verse sur le filtre tout ce qui est contenu dans le vase. Le filtre double est égoutté et lavé à plusieurs reprises avec 200 grammes d'eau, que l'on fait chauffer dans le vase.

Dans toutes ces opérations on emploie 1.000 grammes d'eau. Après avoir traversé les filtres, cette eau tient en dissolution le salpêtre, que l'on retrouve en évaporant à siccité complète.

On fait bien sécher le double filtre, ainsi que le mélange, charbon et soufre, et on prend le poids de ce mélange en faisant servir le filtre extérieur pour tare de celui sur lequel le mélange est resté. Ce poids sert à contrôler le résultat trouvé pour le salpêtre, et à évaluer la perte donnée par l'opération.

Pour rechercher le soufre directement, on broie et on mélange dans un mortier 5 grammes de poudre bien desséchée, 5 de sous-carbonate de potasse, 5 de nitre, 20 de chlorure de sodium.

On expose ce mélange dans une capsule de platine ou de verre, sur des charbons ardents; la combinaison des matières étant terminée, et la masse étant blanche, on dissout cette masse dans l'eau distillée et on sature cette dissolution d'acide nitrique.

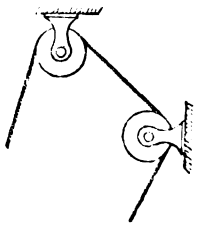
On sépare ensuite complétement l'acide sulfurique du sulfate qui s'est formé par une dissolution de chlorure de barium, dans laquelle on connaît exactement la proportion d'eau et de chlorure de barium. D'après la proportion atomique, le soufre cherché est à la quantité de chlorure de barium employé, comme 20,11 : 152,44.

On détermine directement la quantité de charbon, en mêlant 100 grammes de poudre avec une quantité égale de potasse caustique et un peu d'eau; on fait bouillir le mélange pendant quelque temps, puis on le verse sur un double filtre de papier Joseph. Dès que la liqueur, qui est d'un jaune foncé, est filtrée, on fait des lavages successifs avec l'eau distillée, jusqu'à ce qu'elle sorte de l'entonnoir sans saveur, ou mieux jusqu'à ce qu'elle ne donne plus de précipité noir par l'acétate de plomb. On fait alors sécher le charbon et on le pèse.

Pour vérifier l'exactitude des résultats obtenus, on compose une poudre avec le dosage que l'analyse a indiqué; on analyse cette poudre par les mêmes moyens; les nouveaux résultats indiquent les corrections qu'il peut être nécessaire de faire dans les premiers dosages.

POUDRETTE. Voyez ENGRAIS.

POULIES (*angl.* blocks, *all.* kloben). Lorsque les poulies sont isolées et que leur chape est fixe, elles servent seulement à changer la direction d'une force (figure 2195). Quand au contraire on en assemble un certain nombre dans deux chapes, l'une fixe, l'autre mobile, et sur laquelle agit la résistance (fig. 2196),



2195.



2196.

puis qu'on fait passer une même corde successivement sur toutes les gorges de ces poulies et alternativement sur celles de l'une et de l'autre chape, la corde ayant dans toutes ses parties une même tension, cette tension sera seulement la n^{me} partie de la résistance, s'il y a n cordons ou parties de la corde allant d'une poulie à l'autre. Dans ce cas, les poulies ou *galets* sont ordinairement mobiles sur les axes communs qui sont fixes.

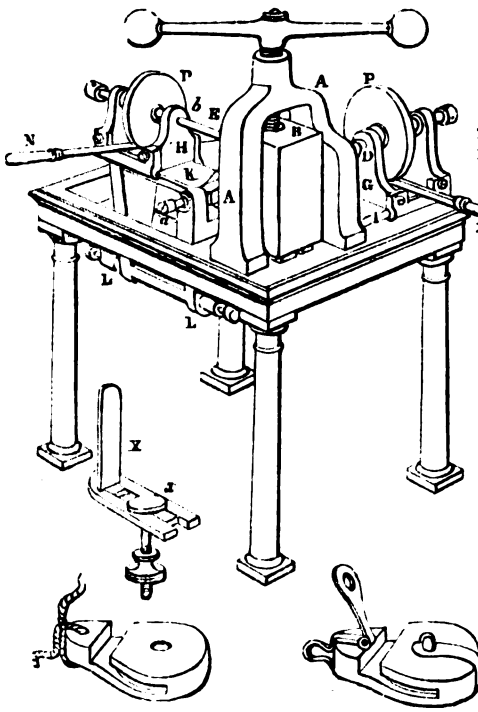
Nous croyons qu'il sera intéressant de décrire ici la fabrication mécanique, inventée par notre compatriote, M. Brunel, des poulies en bois à l'usage de la marine, telle qu'elle est montée à Portsmouth, en Angleterre.

La première opération, qui consiste à débiter les bois en blocs de dimensions convenables, se fait tantôt avec une scie droite, tantôt avec une scie circulaire. La scie droite est animée d'un mouvement horizontal de va-et-vient; elle coupe en travers fil le bois placé au-dessous sur un axe horizontal; elle n'agit que par son poids, et est guidé au commencement du sciage par une glissière qui embrasse le dos de la lame. La scie circulaire diffère des scies ordinaires, en ce que, tandis que ces dernières sont fixes et que la pièce de bois est continuellement pressée contre leurs dents, celle employée par M. Brunel peut recevoir toutes sortes de positions dans son plan et la pièce de bois est fixe. On achève de donner aux blocs de bois une forme parallélipipédique avec une scie circulaire ordinaire (voyez pour la description de ces scies mécaniques l'article SCIERIE).

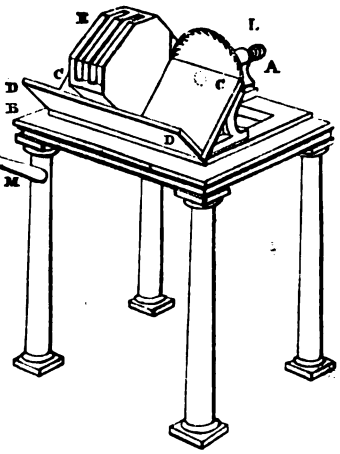
Les blocs de bois ainsi débités sont portés à la *machine à percer*, qui y perce les trous des axes des galets, ainsi que ceux nécessaires pour pouvoir ultérieurement pratiquer les mortaises où se logeront les galets, comme l'indiquent les fig. 2197, 2198 et 2199, qui représentent diverses formes de poulies employées dans la marine. Cette machine est représentée en perspective fig. 2200 : le bloc de bois est fixé sur la table de la machine au moyen d'une vis de pression verticale B, qui passe dans un écrou en fonte à trois pieds A; on le maintient encore par une équerre X (fig. 2201), fixée sur le bâti au moyen d'un boulon à écrou x, et avec trois vis de pression horizontales traversant les deux montants de derrière du bâti en fonte A. L'un des forets D, perce le trou pour l'axe des galets; l'autre, E, placé à angle droit du premier, fait les trous qui doivent limiter les mortaises où se placeront les galets; le foret D est mû par une courroie passée sur la poulie P, et porté sur un châssis G, mobile le long de la glissière I. On le fait avancer ou reculer en agissant sur la fourchette M. Le foret D est également porté sur un châssis H, mobile le long de la glissière K, et que l'on fait avancer ou reculer au moyen de la fourchette N; mais tandis que la glissière I est invariablement fixée au bâti de la machine, la glissière K est montée sur un second châssis, qu'on peut fixer dans diverses positions au moyen des vis L et a.

Digitized by Google

2200.



2202.

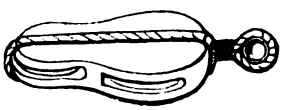


2201.

2197.

2198.

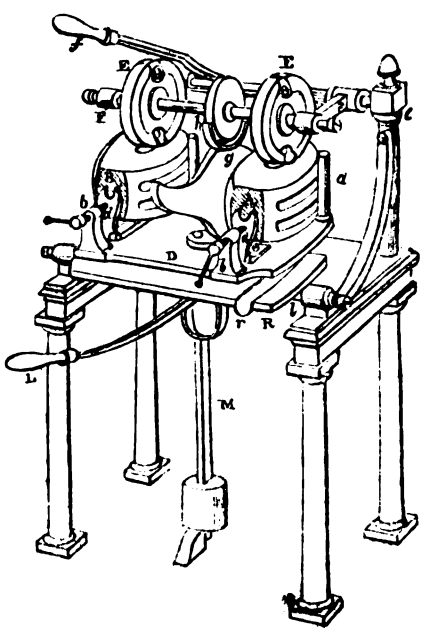
2199.



Cette opération terminée, on place les poulies parallèlement les unes sur les autres dans un châssis mobile sur des glissières, qui reçoit un mouvement rectiligne alternatif très rapide. Des ciseaux, en nombre égal à celui des poulies, exécutent alors l'opération de mortaiser sur la moitié de la profondeur ; on retourne alors les poulies, et on achève les mortaises par l'autre face. Les ciseaux employés portent à angle droit deux tranchants latéraux, qui servent à découper latéralement les parois de la mortaise, tandis que le corps du ciseau enlève ensuite la matière dégagée sur trois de ses faces ; ils n'opèrent que dans un sens.

On abat ensuite les angles des poulies à l'aide d'une scie circulaire, comme le représente la fig. 2202 ; la scie est portée sur un châssis mobile, analogue aux porte-forets G et H, fig. 2200, ce qui permet de la presser contre les poulies. Les angles ainsi abattus, on les arrondit en plaçant excentriquement un certain nombre de poulies sur la circonférence d'un tour. Un système de doubles engrenages coniques, en nombre égal à celui des poulies et mus par une même roue d'engrenage montée sur l'axe du tour, et susceptible de recevoir à la main un mouvement indépendant, permet de fixer les poulies dans diverses positions en les faisant tourner sur leurs axes, et d'arrondir successivement tous leurs angles sans les démonter.

Il s'agit ensuite de pratiquer sur les deux faces latérales des moules les rainures qui doivent recevoir les liens ou frettes des poulies, comme l'indiquent les figures 2198 et 2199. Ces rainures se creusent au moyen d'une sorte de machine à mortaiser, représentée en perspective fig. 2203. On place à la fois deux poulies A, B, sur la pièce D, de manière à ce qu'elles viennent buter chacune contre deux piliers *a*, *a*, et on les fixe au moyen de crampons à charnière *d*, *d*, que l'on serre à l'aide des vis de pression *b*, *b* ; on pose la pièce D sur la pièce R, en interposant entre elles deux ressorts *r*, dont un seul est figuré, et on les rend dépendantes l'une de

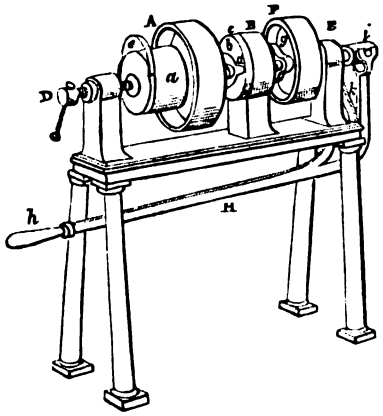


2203.

l'autre en serrant un boulon à écrou central qui les traverse l'une et l'autre ; tout cet ensemble est mobile au-

Digitized by Google

tour d'un axe horizontal *l*, et est équilibré par un contre-poids M ; on le fait tourner en agissant sur le levier L. Les outils se composent de deux rabots circulaires ou *fraises* E, E, dont le corps est en laiton, et qui portent deux échancrures dans lesquelles sont enchâssées les ciseaux en acier ; leur arbre F, qui reçoit son mouvement par une courroie sans fin, est porté sur un châssis mobile autour de l'axe de rotation *e*, et que l'on soulève



2204.

à volonté à l'aide du levier *f* ; les trois axes *l*, E et *e* sont parallèles. Les fraises étant animées d'un mouvement de rotation très rapide, on creusera les rainures en levant et baissant le levier L, de manière à ce que l'outil puisse mordre successivement sur toute la longueur de la poulie ; une came *g*, fixée sur la pièce D et entraînée avec elle, limite la descente d'un rouleau H placé sur l'axe des fraises, et, suivant la forme de sa courbure, règle la profondeur variable des rainures sur toute la longueur des poulies.

Les galets des poulies sont d'abord débités à la scie mécanique, agissant à travers fil, en rondelles d'épaisseur convenable. Ces rondelles *e*, sont ensuite fixées d'une manière invariable sur un tour représenté figure 2204, en les faisant buter d'une part contre un cylindre creux *b*, sur lequel est soudé un disque *c*, qui sert à le fixer contre la poupée B, et en les serrant par l'autre extrémité avec une vis de pression D, dont l'extrémité est en forme d'hémisphère concave. Sur le tube fixe *b* se trouve monté un mandrin en bois A, qui reçoit extérieurement une courroie sans fin, et dans lequel se trouve implantée une scie *a*, ayant la forme d'un cylindre tranchant sur l'une de ses bases, d'une hauteur au moins égale à l'épaisseur que doivent avoir les galets *e*, et qui sert à les rendre cylindriques en les attaquant dans le sens du fil du bois. Dans le tube *b*, passe à frottement doux une tige cylindrique qui porte un foret, traverse les poupées B et E et vient se terminer en *i* ; sur cette tige est fixé le manchon F, qui reçoit une courroie sans fin ; enfin, sur le tube *b*, et sur la tige du foret de l'autre côté de la poupée B, se trouvent deux colliers mobiles rendus solidaires l'un de l'autre par deux boulons *d*, qui traversent la poupée B. Lorsque l'on met en mouvement les deux courroies sans fin, en appuyant sur le manche *h* des leviers *h* H *k i*, on fait avancer de droite à gauche le porte-foret, et en même temps, par l'intermédiaire du manchon F et des deux colliers mobiles, le manchon A qui porte la scie cylindrique *a*, de sorte que l'on tourne le galet en même temps qu'on le perce suivant son axe.

Enfin, au moyen de machines analogues à celles que nous venons de décrire, on creuse la gorge des galets, ainsi que des rainures annulaires latérales destinées à recevoir des frettes en bronze coulé.

POURPRE DE CASSIUS. Voyez OR et POTERIES (*décoration des*).

POUSSÉE DES TERRES. Voyez MAÇONNERIE.

POUZZOLANE. Voyez MORTIER.

PRESSE. La presse est une machine d'un emploi extrêmement étendu, et dont le nom seul indique l'usage. Sous le rapport du mécanisme qui les met en jeu, on distingue les diverses espèces de presses suivantes :

1° *Presse à levier*. Ces presses sont très simples, mais elles occupent beaucoup de place et sont peu usitées. On trouve encore cependant dans les campagnes un assez grand nombre de petits pressoirs à cidre et à vin construits d'après ce principe. La résistance s'y trouve placée entre le point d'appui et celui d'application de la puissance.

2° *Presse à vis*. Cette presse exige peu de place et est fréquemment employée. Le plateau mobile est ordinairement fixé à une vis normale à ce plateau, et qui passe dans un écrou relié d'une manière invariable au plateau fixe, de sorte qu'en faisant tourner la vis elle fait mouvoir le plateau mobile dans un sens ou dans l'autre ; cette vis se termine par une partie cylindrique passant dans un collier fixé au plateau, de telle sorte qu'elle lui imprime seulement un mouvement rectiligne. C'est ainsi que sont construits beaucoup de pressoirs. Quelquefois la vis est invariablement fixée au plateau, et c'est l'écrou qui est mobile et peut tourner sur lui-même ; il vient alors buter contre un obstacle fixe, et par suite, en tournant, force la vis à avancer avec le plateau qu'elle porte. Dans quelques cas, comme dans les presses de *relieur*, au lieu d'une vis la presse en a deux. Les vis ou les écrous mobiles, dans les fortes presses, sont souvent armées de volants et se manœuvrent à l'aide de longs leviers.

3° *Presse à cylindres*. Ces presses sont plus connues sous le nom de laminoirs, de calandres, etc., suivant l'usage auquel elles sont destinées. Au lieu de comprimer à la fois toute la matière soumise à leur action comme les autres presses, elle n'agit que successivement sur chacune de ses parties, et peut par conséquent produire un effort bien plus considérable. Aussi ce genre de presse est-il particulièrement réservé pour les cas où la compression exige une puissance énorme, comme le laminage des métaux, etc. On les emploie aussi dans certains cas spéciaux pour exercer de très faibles efforts : telles sont les presses *lithographiques* et *typographiques*.

4° *Presse à excentrique*. Ce genre de presse est peu usité ; il se compose d'un arbre moteur animé d'un mouvement de rotation continu très lent, et communiquant son mouvement, par le moyen d'un engrenage, à un autre arbre parallèle. Ces deux arbres portent en outre deux excentriques agissant sur chacun des plateaux de la presse, qui, dans ce cas, sont tous deux mobiles et dirigés par un système de guides appropriés.

5° *Presse à coins*. Cette presse est très employée pour l'extraction des huiles de grains, surtout dans les départements du nord de la France. Nous avons décrit avec détail les principales presses de cette espèce à l'article HUILES, ce qui nous dispense de nous y arrêter ici.

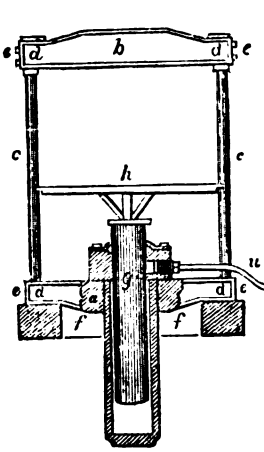
6° *Presse à maquer*. On donne ce nom à une espèce de cisaille dont les mâchoires tranchantes sont remplacées par des faces planes, destinées particulièrement à comprimer et à ébaucher les loupes ou balles de fer à leur sortie des fours à puddler. Elles sont mues, de même que les cisailles, soit par des excentriques, soit au moyen de bielles menées par des manivelles.

7° *Presse hydraulique*. Cette presse est fondée sur la propriété que possèdent les liquides de transmettre également, et dans tous les sens, les pressions qu'ils reçoi-

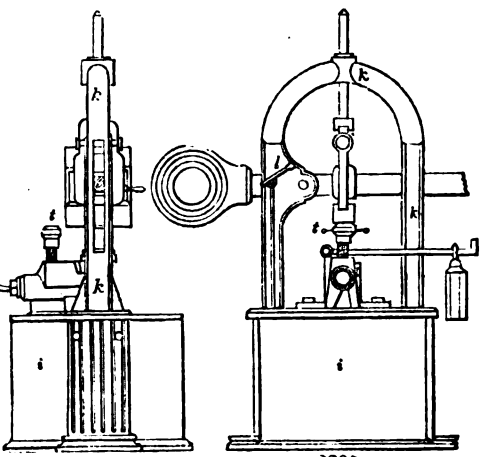
Digitized by Google

vent ; le plateau mobile de la presse est porté par un gros piston plein et cylindrique qui passe dans une boîte à étoupes, ou plutôt à cuir embouti, placée à l'une des extrémités du corps de pompe, disposition que nous avons déjà indiquée en parlant de la *pompe à piston plongeur* (voyez POMPE). Ce premier corps de pompe communique avec un second corps de pompe d'un diamètre beaucoup plus faible, dans lequel se meut une pompe aspirante et foulante qui refoule de l'eau dans le premier corps de pompe. Si, par exemple, le diamètre du grand piston est dix fois celui de la pompe foulante, la surface sera cent fois plus considérable ; si, en outre, le levier qui sert à manœuvrer la pompe foulante a son point d'appui disposé de manière à décupler l'effort, ce qui a ordinairement lieu ; comme un homme peut exercer sur l'extrémité du levier un effort de 30 kilogr., cet effort correspondra à $30 \times 10 = 300$ kilogr. sur le piston de la pompe foulante et à $300 \times 100 = 30{,}000$ kilogr. sur le piston qui porte le plateau mobile de la presse. Cet exemple indique suffisamment le parti avantageux que l'on peut tirer de la presse hydraulique dans une foule de circonstances.

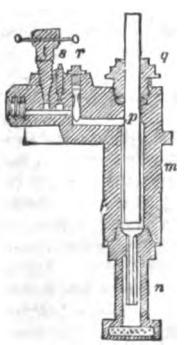
Les fig. 2205 et 2206 représentent la disposition de la presse hydraulique le plus généralement employée : le bâti de la presse se compose d'un socle en fonte inférieur *a*, et d'un chapeau *b*, parallèle au premier, et également en fonte, servant de plateau fixe ; ces deux pièces sont renforcées par des nervures diagonales, et solidement reliées entre elles par quatre forts montants verticaux *c*, *c*, avec lesquels ils sont assemblés par les clavettes *e*, *e* ; ils servent à guider le plateau mobile *h* ; ce dernier est fixé sur un piston plein en fonte *g*, qui passe dans une boîte à cuir emboutie placée à la partie supérieure du corps de pompe en fonte *f f* ; celui-ci communique par le tuyau *u* avec la pompe de pression ; *k k*, est le support où se trouve le point de rotation du levier *l* de cette pompe et le collet ou guide de son piston ; *i* est



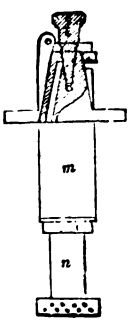
2205.



2206.



2207.



2208.

la bâche d'eau alimentaire. Les fig. 2207 et 2208 donnent sur une plus grande échelle les détails de la pompe foulante : le corps de pompe *m* est en bronze ; *n*, tuyau d'aspiration qui porte la soupape d'aspiration, *p*, piston plongeur passant à travers une boîte à cuir emboutie *q* ; *r*, soupape de retenue, empêchant l'eau de repasser du corps de pompe *f* dans celui *m* ; *s*, soupape de sûreté chargée d'un poids, comme l'indique la fig. 2206 ; *t* (fig. 2205 et 2207), vis ou robinet pour décharger l'eau, quand l'on veut desserrer la presse. Le piston de la pompe foulante est ordinairement formé de deux pistons concentriques, dont l'extérieur peut être à volonté soit fixé à l'autre, et alors entraîné dans son mouvement, soit fixé au corps de pompe et alors invariable. On se sert alors de la première disposition au commencement de la pression, et à la fin de la seconde disposition, qui permet d'augmenter de beaucoup l'effort en réduisant la section de la pompe foulante.

PROJECTILES. Dans les articles AFFUT, BOUCHES A FEU, POUDRE A CANON, nous avons traité les sujets qui, avec l'objet de cet article, forment l'ensemble qui constitue l'*artillerie*, que nous avons définie l'*application de l'industrie à l'art de la guerre*.

L'effet des projectiles est en raison : 1° De *leur densité*. La quantité de mouvement que possède un projectile est en proportion de sa masse. Le plomb, métal qui satisfait parfaitement à cette condition, est seul employé pour les balles de fusil de munition et de fusil de rempart ; — 2° De *leur dureté*. Le plomb est d'une dureté insuffisante quand il s'agit de détruire des obstacles résistants, comme les remparts avec l'artillerie de siége. Dans ce cas, il s'aplatirait contre les murailles au lieu d'y pénétrer. Mais la densité de la fonte n'étant que 7,80, tandis que celle du plomb est de 11,80, les portées sont proportionnellement moindres ; — 3° De *leur forme*. Tous les projectiles de l'artillerie sont de forme sphérique, dont les dimensions peuvent par suite être facilement vérifiées, et qui peuvent se présenter dans l'âme de l'arme dans toutes les positions.

Il semble, à priori, qu'il y aurait avantage à employer des solides de moindre résistance, de forme analogue, par exemple, à celle qu'on a donnée aux navires se mouvant dans les liquides. Mais la résistance d'un semblable projectile, comparée à celle que rencontre celui de forme sphérique de même masse, n'est moindre que dans le sens de l'axe ; elle est beaucoup plus grande dans l'autre sens. Or, l'impulsion n'ayant jamais lieu exactement sur le centre de figure par l'effet du vent de l'arme, des battements qui en résultent, il en résulte nécessairement un mouvement de rotation qui rend les résistances et les déviations des projectiles allongés plus considérables que celles des projectiles sphériques. Il ne peut en être autrement que pour des projectiles qui remplissent exactement l'arme, tels que les *balles forcées*,

Digitized by Google

Des balles cylindro-coniques, employées dans de semblables circonstances paraissent, en effet, avoir fourni de très grandes portées dans des expériences récentes.

Des divers projectiles. On emploie plusieurs espèces de projectiles, en raison du but à atteindre :

1° *Les projectiles pleins*, du diamètre de l'âme. Ceux les plus fréquemment employés, et désignés sous le nom de boulets, sont en fonte de fer (fondus en coquille), sphériques, et de même diamètre que l'âme de la pièce (sauf une petite différence en moins, qu'on est obligé de tolérer à raison des imperfections de la fabrication);

2° *Les projectiles creux.* Ils se composent d'une enveloppe sphérique en fonte. Le centre est rempli de poudre en quantité suffisante pour faire éclater le projectile. Un œil cylindrique sert à introduire la poudre et est fermé par une fusée, qui consiste en un coin en bois chassé avec force. Le centre de cette fusée forme un tube creux qu'on remplit de pulvérin (poudre écrasée). Lorsque le projectile est chassé de la bouche à feu, les gaz incandescents mettent le feu au pulvérin, qui continue à fuser lentement pendant la course du projectile. La fusée étant assez longue, ce n'est qu'à l'extrémité de sa course, après avoir déjà agi comme un projectile ordinaire, que celui-ci éclate et agit une seconde fois.

Pour que les éclats produisent un effet meurtrier, il faut que les parois soient d'une épaisseur assez considérable ; aussi la partie vide n'atteint jamais les 2/3 du volume total. Les éclats sont d'autant plus nombreux que la quantité de poudre est plus considérable : ainsi dans une expérience, on a fait varier de six à vingt-quatre le nombre des éclats des obus de 24, en faisant varier la charge de 1 once à 1 livre. Les projectiles creux sont lancés dans des pièces à chambres, c'est-à-dire que la charge, qui est toujours d'un faible poids relativement au calibre, à cause du peu de masse du projectile, est placée dans une cavité concentrique de l'âme de la pièce, et d'un diamètre moindre. Les projectiles creux qui se tirent dans des bouches à feu presque horizontales, s'appellent obus ; ceux qui se tirent sous des angles très grands (45°), sont de gros calibre et s'appellent bombes.

3° *Projectiles formés par la réunion de projectiles d'un petit calibre.* Nous ne citerons parmi ceux-ci que la boîte à balles, le seul d'un usage réel, et dont l'effet est si terrible, à petite portée, contre l'infanterie. Elle se compose d'un cylindre en tôle du diamètre de la pièce, fermé à ses extrémités par des plaques de fer, et remplie à l'intérieur de balles en fer forgé (41 pour le calibre de 12). Lorsqu'on tire ces projectiles, le culot en fer placé près de la poudre, prenant une vitesse supérieure à celle du projectile, désorganise la boîte à balles, et il se forme un cône de balles dont l'effet est très meurtrier à 300m. A de grandes distances la déviation est trop considérable pour qu'on puisse employer un semblable projectile, dont la portée est d'ailleurs de beaucoup inférieure à celle du boulet.

Nous ne parlerons pas des boulets ramés (réunis par une barre de fer), quelquefois employés dans la guerre maritime ; nous parlerons seulement des précautions à prendre pour lancer à terre un cordage en cas de naufrage sur les côtes. Si l'on attachait directement le cordage au projectile, même en tirant à une faible charge, l'inertie du cordage le ferait rompre. On évite cet inconvénient en attachant à ce projectile une barre de fer, puis à celle-ci une chaîne, puis le cordage. Lançant le projectile dans une bouche à feu courte, l'inertie du cordage est vaincue par le mouvement du levier de fer et celui-ci a le temps de se déployer.

Pénétration des projectiles.

MM. Piobert et Morin ont fait, en 1834, des expériences extrêmement curieuses sur les effets du choc et de la pénétration des projectiles, rencontrant des corps de dureté différente. Ils ont obtenu des résultats extrêmement curieux ; nous allons en rapporter quelques-uns, en suivant le rapport fait sur ces beaux travaux par M. Poncelet.

Pénétration dans les maçonneries, le roc, le bois, les terres.

Dans les maçonneries comme dans le roc, les trous que forment les projectiles se trouvent généralement composés d'une partie tronçonique extérieure, dont la plus grande base répond au parement, et d'une partie cylindrique assez régulière, d'un diamètre sensiblement égal à celui du boulet, et qui se termine par un hémisphère dans lequel ce dernier reste ordinairement emboîté, sans éprouver de mouvement de recul sensible, si ce n'est pour le cas des roches calcaires. L'enfoncement est de 0m,60 environ pour le 24 dans de bonnes maçonneries, et de 0m,30 seulement dans des masses calcaires, et dans ce cas les boulets rebondissent souvent à 100m en arrière. La partie tronçonique, fort irrégulière, paraît due à un simple arrachement produit par la réaction élastique des pierres comprimées latéralement jusqu'à une certaine distance du parement; la partie cylindrique et hémisphérique, au contraire, paraît être le résultat d'un broiement, d'une pulvérisation violente des parties qui se sont trouvées directement sur la route du boulet, et qui, d'après les observations de MM. Piobert et Morin, sont vivement repoussées en arrière sous la forme d'une poudre blanche, très fine, offrant tous les caractères d'une chaux caustique; ce qu'ils attribuent à la haute température développée dans l'acte de la compression. Toutefois cet effet de broiement ne s'opère pas seulement sur les parties immédiatement en contact avec le boulet, il s'étend encore à une petite distance au-delà, et se trouve accompagné, dans le surplus de la masse, de traces d'ébranlement et de désorganisation mécanique très sensibles, si ce n'est vers le fond du trou où la vitesse du boulet est naturellement affaiblie.

Dans le bois de chêne, les ouvertures pratiquées par le boulet se referment presque hermétiquement, comme l'ont appris déjà les anciennes expériences; mais il n'en est point ainsi pour le sapin : tandis que, dans le premier cas, la pénétration est accompagnée de larges déchirures et d'éclats de bois à l'entrée et à la sortie du boulet, dans le second, la désorganisation ne s'étend point sensiblement au-delà des parties directement atteintes, et se réduit à la simple rupture des fibres ligneuses.

Le sable anciennement rassis, mélangé ou non de gravier et de cailloux, présente, en raison de son incompressibilité bien reconnue, des circonstances analogues à celles des maçonneries : il est réduit en poudre très fine sur toute la route du boulet, qu'elle remplit entièrement après son passage, et cette poudre se trouve blanchie et desséchée par suite de la haute élévation de la température.

Quant aux terres argileuses plus ou moins humides et mélangées de sable fin, elles donnent lieu à des phénomènes bien différents, et qui s'observent au plus haut degré dans les argiles plastiques propres à fabriquer les briques et la poterie : le vide de pénétration est formé d'un long canal persistant, revêtu intérieurement d'une croûte durcie offrant des déchirures longitudinales, et dont le contour, plutôt parabolique que conique, a sa légère convexité tournée vers l'axe rectiligne de la trajectoire : sa section méridienne, près du fond, a les dimensions du grand cercle du boulet; mais celle de l'entrée offre un diamètre qui atteint souvent le quadruple et le sextuple de celui du projectile. MM. Piobert et Morin supposent qu'ici, comme dans le cas des milieux très consistants, les parties immédiatement atteintes par le boulet cheminent, de l'avant à l'arrière, par suite du

Digitized by Google

refoulement qu'elles éprouvent, et qui se transmet, de proche en proche jusqu'à l'orifice d'entrée, de manière à produire et l'évasement progressif remarqué et la projection en arrière d'une partie des terres.

2° *Déformation des projectiles, rupture et accidents qui l'accompagnent.* Les boulets de divers calibres, creux ou pleins, ne paraissent pas éprouver de déformation sensible et permanente dans les milieux facilement pénétrables, tels que les terres de diverses natures même aux plus grandes vitesses de projection; mais il en est tout autrement du cas où ils sont lancés contre le roc, les maçonneries et le sable pur, anciennement rassis, mélangé ou non de gravier : les obus ou boulets creux s'y brisent en éclats sous les plus faibles charges. Quant aux boulets pleins, les expériences ont conduit à établir une grande distinction entre ceux qui sont en fonte dure, c'est-à-dire blanche ou truitée, et ceux en fonte douce et grise. A la charge ordinaire du 1/4 ou 1/3 du poids du boulet, répondant à des vitesses, au but, de 450 à 500^{m} par seconde, plus des 3/4 des premiers projectiles se trouvent rompus quand le tir a lieu contre les maçonneries, et cela quelquefois pour le sable rassis mêlé de gravier : la séparation se fait généralement suivant des plans méridiens passant par l'axe du vide; mais, pour des charges plus faibles, les boulets en fonte dure sont seulement fendillés suivant des directions rayonnantes ayant pour pôle le point où a commencé le choc, et s'arrêtant à une distance d'environ 90° de ce pôle. Les boulets en fonte grise et douce, au contraire, ne se rompent que sous les plus fortes charges en usage dans l'artillerie, et même alors ils ne le sont qu'en partie; l'espèce de ductilité que possèdent ces boulets, a permis aux auteurs d'étudier le mode de déformation, très remarquable, qu'ils éprouvent avant l'instant de leur rupture complète, laquelle présente d'ailleurs les mêmes caractères de fendillement et de rayonnement que pour la fonte dure : un relèvement exact, opéré sur un boulet de 8, en fonte douce, leur a montré qu'il s'aplatissait dans le sens du mouvement, et se renflait, suivant l'équateur, de quantités très appréciables, puisqu'elles s'élèvent respectivement aux 0,43 et aux 0,47 du diamètre. Il est évident que ce renflement de l'équateur doit non seulement accroître la résistance du milieu qui est proportionnelle à l'étendue de la surface agissante, mais encore être, en elle-même, la cause d'une consommation appréciable de force vive.

L'élévation de température, dans ces phénomènes du choc, est telle, qu'un boulet de 24, après avoir traversé un ancien parapet en sable, conserva assez de chaleur pour qu'un homme qui le ramassa, à environ 40^{m} au delà, en eût les mains légèrement brûlées.

3° *Lois des impressions et résultats de l'expérience.* Un résultat bien remarquable de ces expériences, c'est que, pour faire brèche à un rempart, dans des circonstances données, il faut consommer à très peu près la même masse de poudre ou le même poids de boulets, avec des pièces du calibre de 16 et de 24, tirées aux charges de guerre ordinaires, l'effet destructeur des projectiles étant ainsi exactement représenté par leur force vive. Et, en effet, on sait, d'après les expériences de Hutton, qu'entre certaines limites, les forces vives imprimées aux boulets, dans de telles pièces, sont sensiblement proportionnelles aux charges de poudre.

Les faits déjà signalés et qui sont relatifs aux volumes des petites impressions des corps durs dans les milieux ductiles, peuvent être aussi considérés comme une conséquence du même principe; car les effets se réduisent ici sensiblement à la production du vide qui est dû au travail des pressions développées. Or, les résultats des expériences ont permis à MM. Piobert et Morin de vérifier ces faits pour les plus grandes vitesses des projectiles et des milieux, tels que le roc, la maçonnerie et les terres, dans tous les cas, assez rares il est vrai, où le relèvement du vide apparent n'a pas laissé trop d'incertitude. Mais il n'en a pas été ainsi des bois, qui donnent lieu à des effets très irréguliers, et dont la majeure partie de l'impresion disparaît après le passage du boulet, en raison de la force de ressort conservée par les fibres non rompues; les auteurs ont dû substituer au vide effectif celui qui répond à la course du boulet dans l'intérieur du milieu, et ici encore le rapport de la force vive au volume du vide ainsi mesuré est demeuré sensiblement constant; ce qui confirme de la manière la plus satisfaisante, pour les bois de chêne et de sapin, les résultats de l'ancienne théorie et des anciennes expériences, qui d'ailleurs ont conduit à des valeurs de ce rapport beaucoup plus faibles, et provenant, sans doute, principalement de la manière dont les pièces du massif étaient unies et liées entre elles.

Pénétration dans les métaux.

Le projectile rencontrant un corps dur cause une dépression au point de contact, en s'aplatissant lui-même. En ce point il y a donc destruction de forces vives par les actions moléculaires; mais les parties éloignées tendent à continuer leur mouvement, d'où résulte le genre de rupture que nous allons décrire.

1° *Déformation des projectiles, rupture et accidents qui l'accompagnent.* Dans le tir perpendiculaire contre les massifs en fonte parallélépipédiques, solidement encastrés et pesant de 1.000 à 2.000 kil., les boulets ont été brisés sous les plus petites vitesses en présentant néanmoins des circonstances physiques très distinctes de celles qui ont eu lieu pour les grandes : à la vitesse de 70^{m} environ par seconde, répondant à la charge de 1/128^{e} du poids du boulet, la rupture s'opère comme dans le tir contre les maçonneries, c'est-a-dire par deux plans diamétraux à angles droits, passant par l'axe qui contient la trajectoire du projectile. A la vitesse de 100^{m}, relative à une charge de 1/64^{e}, la partie antérieure du boulet de 16 a offert une dépression de plusieurs millimètres sur une étendue, en diametre, de 0^{m},06 à 0^{m},07, et qui est devenue la base d'une sorte de noyau pyramidal, à 5 pans, dont le sommet paraît être placé au centre du projectile : ce noyau, faisant l'office d'un coin véritable, oblige le surplus de la masse à se partager en 5 parties, à peu près égales, suivant des plans méridiens passant par l'axe qui est parallele à la direction du mouvement. La réunion et la juxta-position de ces fragments n'a pas, du reste, laissé apercevoir d'altération générale de forme sensible; mais tandis que leur surface de fracture méridienne présentait un aspect grenu et rugueux, celles qui leur étaient communes avec le noyau offraient, au contraire, une apparence métallique très brillante et fibreuse, produite par le violent froissement ou frottement de glissement contre ce noyau dont les faces offraient d'ailleurs le même aspect.

A la vitesse de 150^{m}, et pour des vitesses de plus en plus grandes, le mode général de rupture reste à peu près le même, si ce n'est que le nombre des fractures méridiennes augmente, et que la forme du noyau se rapproche davantage de celle d'un cône à base circulaire, dont elle diffère néanmoins en ce que les génératrices, au lieu d'être rectilignes, présentent, près de cette base, une légère courbure ayant sa convexité tournée vers l'axe. Mais une circonstance qui paraîtra surtout digne de remarque, c'est que le noyau offre, jusqu'à une certaine profondeur, une suite d'enveloppes, de couches coniques paralleles, d'épaisseurs sensiblement égales, et qui paraissent avoir glissé successivement les unes sur les autres, à mesure que l'impression faisait des progrès ou que de nouvelles zones de la surface du boulet venaient à se mettre en contact avec la surface plane extérieure du massif en fonte qui recevait

Digitized by Google

le choc. Les saillies respectives de ces zones et les empreintes qu'elles produisaient dans le bloc dont il s'agit, enfin l'aspect brillant et fibreux des surfaces d'enveloppes ne laissent aucun doute sur la nature de ce phénomène de glissement successif.

MM. Piobert et Morin ont reconnu : 1° que le nombre des enveloppes successives croît avec la vitesse de projection ; 2° que la hauteur ou l'axe de l'enveloppe externe de ces noyaux décroît, pour chaque calibre, moins rapidement que la vitesse n'augmente ; 3° que les angles des génératrices courbes avec la base, qui demeurent compris entre 41 et 72°, et diminuent plutôt qu'ils n'augmentent avec la grosseur du calibre, suivent, par rapport aux vitesses de projection, une marche de décroissement analogue à celle des hauteurs de noyaux.

Les effets de rupture qui viennent d'être signalés, la formation et le glissement successifs des enveloppes de noyaux, suffisent pour convaincre que les boulets perdent, aux environs du point choqué, la majeure partie de leur force d'élasticité ou de ressort ; ce fait est d'ailleurs constaté directement par le faible rejaillissement, en arrière, du projectile et de ses débris, ainsi que par le résultat des expériences en petit, sur les lois du mouvement et du frottement pendant le choc, entreprises, en 1833, par M. Morin ; mais il ne s'ensuit nullement que la force de ressort des parties éloignées du centre d'impression ait subi la même altération, ni que les débris des projectiles ne puissent s'échapper latéralement, avec une certaine vitesse, en raison de la décomposition de leur mouvement de glissement oblique sur le noyau et de la rotation qu'ils tendent à prendre au point de leur rencontre avec le bloc en fonte ; l'expérience prouve, en effet, que cette vitesse est assez grande pour que les fragments aillent pénétrer, de toute leur épaisseur, les pièces de bois disposées autour du but, dans la vue de les arrêter.

Les boulets de 8 et de 24, tirés à la faible charge du 1/16 et du 1/24, contre une masse cubique de plomb de $0^m,60$ de côté et pesant 3,000 kil., ne s'y brisent point, quoiqu'ils y produisent des impressions profondes ; à la charge du 1/8 et 1/12 du poids du boulet, ils se sont partagés en trois ou quatre morceaux, suivant des plans méridiens passant par l'axe de l'évidement, et ces morceaux, par la divergence de leur mouvement, ont donné lieu à autant d'empreintes particulières. Déjà aussi des traces de dépression se montraient a la surface antérieure du boulet, et indiquaient la formation d'un petit noyau central et de ses enveloppes successives ; mais, à la charge du 1/6, répondant à une vitesse d'environ 370^m par seconde, les boulets se sont divisés en un très grand nombre de parties, dont aucune n'a rejailli à l'extérieur, et qui offraient des sillons assez profonds dans lesquels ce métal se trouvait comme incrusté.

2° *Effets physiques produits dans les milieux, résultats et lois des impressions.* Les parallélipipèdes de fonte ayant été soumis au choc dans le sens perpendiculaire à leur plus petite ou à leur plus grande face, ont subi, au contact, des impressions annulaires exactement moulées sur celles des boulets, et qui ont donné lieu également à la formation d'un noyau conoïdal accompagné de plusieurs enveloppes de glissement successif, offrant l'aspect brillant et fibreux déjà signalé : ce noyau, dont le sommet est situé à l'intérieur du massif, a encore ici agi comme un coin pour écarter les parties latérales qui se sont fendillées, à la surface, dans des directions rayonnées. La formation de ce même noyau et de ses enveloppes, dont le nombre croît, ainsi qu'on l'a vu, avec la vitesse, est donc un fait général qui sert à expliquer la rupture réciproque des corps durs et la perte totale de l'élasticité au point où le choc s'opère.

Mais, indépendamment des ruptures qui ont lieu dans le voisinage des empreintes, il s'en produit ici d'autres tres remarquables, à de grandes distances de là, et qui n'ont aucune connexité avec les premières, attendu qu'elles proviennent uniquement de la force de réaction ou de ressort conservée par les parties non directement atteintes : lors des expériences sur un châssis d'affût de côte en fonte, très épais, des boulets de 8, tirés à la faible vitesse de 150^m par seconde, ont déterminé de larges fractures à des distances de $0^m,5$ et $1^m,6$ du point de choc. Les auteurs expliquent ces effets singuliers par la flexion générale, les nœuds et les ventres de vibration qui s'établissent dans certaines régions de la masse, et qui, ayant atteint la limite d'amplitude que comporte l'élasticité des parties, entraînent forcément des solutions de continuité : ces faits bien constatés leur font conclure que la fonte de fer, malgré sa grande ténacité, doit être proscrite de toutes les constructions militaires exposées au choc direct des projectiles, non seulement à cause de son extrême fragilité, mais encore en raison des éclats dangereux qu'occasionnent sa rupture et celle des projectiles.

Le plomb étant un métal essentiellement mou et ductile, donne lieu à des effets de pénétration très différents, et analogues, bien que moins prononcés, à ceux qui concernent les argiles plastiques dont nous avons déja rendu compte ; les boulets pleins qui s'y brisent souvent en éclats, ainsi qu'on l'a dit, produisent des impressions qui dépassent généralement leur diamètre en largeur et en profondeur, et qui sont accompagnées extérieurement d'un rebord ou soulèvement très évasé et recourbé, produit par le refoulement de la matière du dedans au dehors de la cavité. Ces effets, est-il dit dans le Mémoire, donnent au vide de l'impression une forme analogue à celle de certains vases antiques de révolution, qui seraient ornés sur les bords de palmes dentelées, et dont l'aspect est ici d'autant plus agréable, que la matière, fraîchement dénudée, possède tout son éclat métallique.

Les volumes de ces vides et ceux des empreintes sur les blocs de fonte ont été relevés, avec les plus grands soins, par MM. Piobert et Morin, qui ont trouvé que leurs rapports avec les forces vives correspondantes des projectiles étaient sensiblement constants, comme pour le cas des maçonneries et du roc.

Fabrication des projectiles.

Les boulets se coulent dans des moules en sable vert formés de deux pièces. Aussitôt que le jet est solidifié, c'est-à-dire environ 2 minutes après la coulée de 24 et de 16 ; 1 minute 1/2 pour ceux de 12 ; et 1 minute pour ceux de 8 et de 4, on retourne les châssis sens dessus dessous, le jet en bas, pour prévenir l'*avalement* que les vapeurs dégagées et le retrait du métal formeraient au sommet du projectile, et pour ramener la soufflure vers le centre. On démoule environ 2 heures après la coulée : les boulets étant refroidis, l'ébarbeur les dégage du sable qui les enveloppait encore : il casse les jets, puis il place les boulets dans une coquille pour enlever la coulée et les coutures avec un marteau tranchant, et les rabattre avec le marteau à main. Il passe quelques boulets aux lunettes, afin de signaler les défauts aux mouleurs, qui serrent plus ou moins le sable, selon que les boulets sont trop gros ou trop petits. Enfin, on polit la surface des boulets en les portant au rouge plus ou moins vif suivant la qualité de la fonte, puis les battant sous un marteau, armé ainsi que son enclume d'étampes en fonte dure et trempée creusées en segments de cercle d'un rayon un peu supérieur à celui des boulets à rebattre et dont la flèche est environ 1/10 de leur diamètre. On fait tomber sur le boulet un petit filet d'eau pendant le rebattage. Cette opération sert en outre d'épreuve, le choc faisant casser les projectiles d'une mauvaise fonte, et mettant à découvert les soufflures peu éloignées de la surface.

Les projectiles creux, bombes et obus se moulent en

Digitized by Google

sable vert avec noyaux en terre ou en sable séché ; ils sont coulés, les noyaux suspendus. On retourne aussi généralement les châssis comme dans le moulage des boulets. On y fixe aux bombes des anneaux en les engageant dans le moule avant la coulée ; ces anneaux servent à les transporter. Les projectiles creux ne sont pas rebattus ; on se contente de les ébarber, de les limer et d'en aléser l'œil avec un alésoir pyramidal à quatre faces.

PRÉSURE. Voyez FROMAGE.

PRUSSIATES. Bien qu'à l'article BLEU DE PRUSSE, on ait déjà décrit les principales propriétés et les divers modes de préparation du prussiate jaune de potasse (cyanoferrure de potassium) et du bleu de prusse (composé de cyanure et de cyanide de fer), nous pensons utile de revenir ici sur la préparation du cyanoferrure de potassium, considérée aux points de vue théorique et pratique. L'emploi et partant la fabrication de ces cyanures augmentant tous les jours, plusieurs nouveaux procédés de fabrication ayant été proposés plus ou moins récemment, la discussion que nous voulons entreprendre ne peut manquer d'intérêt, et nous n'avons qu'une crainte, celle de rester au-dessous de notre tâche.

Le seul procédé industriel employé jusqu'à présent consistait et consiste encore à soumettre à une température rouge un mélange de potasse, de matières animales calcinées, ou simplement sèches, et un peu de rognures de fer. M. Dumas (*Traité de Chimie*, tome VII, page 657) dit qu'il paraît que la production du prussiate est plus facile lorsqu'on emploie directement la matière animale non calcinée. D'autres auteurs ou fabricants prétendent le contraire et disent qu'on obtient autant de prussiate de potasse avec une matière animale chauffée jusqu'au point de ne plus donner de carbonate d'ammoniaque qu'avec une matière animale séchée, mais non calcinée. Ces deux assertions sont contradictoires ; et pour éclairer la question, nous ne pouvons faire mieux que citer des expériences faites depuis longtemps et auxquelles on attache de l'importance depuis plusieurs années.

C'est à Scheele, le célèbre chimiste suédois, c'est-à-dire au siècle dernier, que nous devons remonter pour citer la première des expériences auxquelles nous faisons allusion. Ce savant est parvenu à obtenir du cyanure de potassium en chauffant au rouge un mélange de charbon et de potasse sur lequel il a projeté du sel ammoniac.

En 1827 ou 1828, M. Desfosses, pensant que l'ammoniaque devait jouer un grand rôle dans la formation du cyanure de potassium, a fait quelques essais dont nous citerons les principaux.

Un mélange de carbonate de potasse et de charbon chauffé au rouge dans un tube de verre à travers lequel on a fait passer du gaz ammoniaque ou du carbonate d'ammoniaque, a donné une grande quantité de cyanure de potassium. Cette expérience a beaucoup d'analogie avec celle de Schèele.

En plaçant au fond d'un canon de fusil une once (30 gram. 50 centigr.) de corne de cerf râpée, et pardessus un mélange de 4 gros (15 gram. 3 centigr.) de carbonate de potasse et 2 gros (7 gram. 6 centigr.) de charbon, on a obtenu, après une calcination convenable, 48 grains (2 gram. 55 centigr.) de cyanure de potassium. Les mêmes matières mélangées n'en ont produit que 26 grains (1 gram. 38 centigr.).

M. Desfosses conclut de ces expériences que pendant la calcination des matières animales avec la potasse, le cyanogène ne se produit point par la combinaison immédiate de l'azote avec le carbone, mais qu'il se forme aux dépens de l'ammoniaque décomposée subséquemment par le carbone. Il cite encore, à l'appui de son opinion, que l'on obtient la même quantité de cyanure d'une matière animale seulement desséchée ou préalablement carbonisée.

C'est dans le *Journal de Pharmacie* (tome XII) que nous trouvons relatées ces expériences. Le rédacteur de ce journal, critiquant l'opinion de M. Desfosses, prétend que la différence de rendement en cyanure de potassium, dans les deux expériences, ne dépend pas de la circonstance assignée par l'auteur, et la superposition au lieu de la mixtion de la potasse et de la matière animale. L'essai, dit-il, qui a été fait en grand du premier moyen a donné un résultat plus désavantageux que celui obtenu par l'ancien procédé ; mais M. Desfosses l'explique en prétendant que l'action s'est bornée à la surface de la masse saline. Il ajoute qu'en faisant passer du gaz azote sur un mélange de potasse et de charbon chauffé au rouge, on obtient du cyanure de potassium en quantité très notable, mais inférieure à celle que fournit le procédé ordinaire.

En 1838, M. Kuhlmann, dans ses belles expériences sur la production artificielle de l'acide nitrique et de l'ammoniaque, a constaté qu'en faisant passer sur de l'éponge chauffée les composés d'azote vaporisables en contact avec les carbures d'hydrogène ou avec l'oxyde de carbone, lorsque le composé azoté contient de l'hydrogène, on obtient de l'acide cyanhydrique ou du cyanhydrate d'ammoniaque ; c'est ainsi que, conformément à la dernière proposition, il a obtenu avec l'ammoniaque et l'oxyde de carbone du cyanhydrate d'ammoniaque. Il rend compte de cette réaction par l'équation suivante :

$$2CO + 2Az^2H^6 = Az^2C^2H^2.Az^2H^6 + 2H^2O.$$

Ce résultat porta M. Kuhlmann à répéter, en 1840, une expérience indiquée par M. Clouet ; c'est la production de l'acide cyanhydrique par l'action de l'ammoniaque sur le charbon incandescent. L'expérience réussit parfaitement bien ; mais, ainsi qu'on devait le penser, c'est du cyanhydrate d'ammoniaque qu'on obtient, car l'acide cyanhydrique libre serait facilement décomposé à la température élevée à laquelle la réaction a lieu ; il se dégage en même temps un carbure d'hydrogène (carbure tétrahydrique), la réaction paraissant devoir être formulée comme suit :

$$3C + 2Az^2H^6 = Az^2C^2H^2.Az^2H^6 + CH^4.$$

« Cette réaction, qui se produit avec une étonnante facilité, ne m'autoriserait-elle pas à penser, dit M. Kuhlmann, que lors de la calcination des matières azotées en présence d'un oxyde alcalin, il se produit d'abord de l'ammoniaque qui, en contact d'un excès de charbon et de l'oxyde alcalin, se transforme en cyanogène et en oxyde de carbone. Ce mode de réaction, s'il n'a pas lieu toujours, doit avoir lieu du moins dans un grand nombre de circonstances En faisant passer sur un mélange d'oxyde de potassium et de charbon chauffé au rouge dans un canon de fusil un courant d'ammoniaque desséché, on obtient du cyanure de potassium avec la même facilité que si l'on y faisait passer un courant de cyanogène pur.

« En tirant parti de l'action énergique du carbone sur l'ammoniaque à une haute température, je suis parvenu, par un procédé qui n'est pas très compliqué, à préparer de l'acide cyanhydrique avec de l'ammoniaque.

« Voici comment je procède :

« Je produis un dégagement d'ammoniaque que je dirige, après l'avoir desséché par du chlorure de calcium, dans un tube de porcelaine contenant du charbon de bois en petits fragments et chauffé au rouge. Les gaz qui, sortis du tube, contiennent une grande quantité de cyanhydrate d'ammoniaque, sont obligés de traverser une couche d'acide affaibli et chauffé à une température de 50° environ.

Digitized by Google

« L'ammoniaque est absorbé par l'acide sulfurique, et l'acide cyanhydrique seul se dégage du flacon pour se rendre dans un vase entouré d'un mélange frigorifique, après avoir été desséché par du chlorure de calcium. L'acide, ainsi obtenu, présente toute la pureté de l'acide obtenu par la décomposition du cyanure de mercure au moyen de l'acide chlorhydrique.

« J'ai encore mis à profit cette même réaction du charbon pour préparer du cyanoferrure de potassium, seulement la vapeur du cyanhydrate d'ammoniaque, au lieu d'être dirigée dans l'acide sulfurique affaibli, est dirigée dans une dissolution de potasse caustique tenant en suspension du protoxyde hydraté de fer.

« A peine le dégagement a-t-il duré quelques instants que l'on voit se former de belles tables rectangulaires de couleur jaune, consistant en cyanoferrure de potassium. L'ammoniaque éliminé par la potasse peut être utilisé.

« Si nous examinons les réactions qui font l'objet de cette note, sous le point de vue des applications industrielles, il n'est pas de doute qu'elles méritent de fixer l'attention, non qu'elles soient immédiatement applicables, mais parce qu'elles peuvent amener quelques modifications dans le travail de préparation des cyanoferrures alcalins, ou du moins parce qu'elles peuvent servir à expliquer les phénomènes si compliqués qui donnent naissance aux cyanures, et diminuer ainsi l'incertitude des résultats que présente la fabrication (*Mémoires de la Société royale des sciences de Lille*, année 1840).

En 1844, M. Jacquemyns, professeur de chimie à l'athénée de Gand, a publié, dans les *Annales de physique et de chimie*, une note sur la fabrication qui nous occupe. Préoccupé aussi de l'action de l'ammoniaque sur la potasse et le fer à une haute température, et aussi de l'utilisation des gaz ammoniacaux qu'on laisse généralement perdre dans la carbonisation des os dans les fabriques de noir, il a songé à faire servir ces gaz à la formation du cyano-ferrure de potassium.

Voici l'expérience qu'il a faite à cet égard. Il a placé dans une cornue des os qu'il a calcinés en dirigeant les produits de la distillation dans un tube de fer chauffé au rouge et contenant de la potasse et du fer; à la sortie de ce tube, les gaz se lavaient dans de l'acide sulfurique étendu d'eau, puis passaient sur un lit de chaux hydraté; car M. Jacquemyns espérait pouvoir faire servir à l'éclairage les hydrogènes carbonés provenant de la distillation et épurés des matières étrangères par l'acide et la chaux.

De 1 kilogramme d'os calcinés, M. Jacquemyns a obtenu 640 grammes de noir; le mélange du tube à potasse fut agité dans l'eau; la dissolution obtenue fut filtrée, puis traitée par du sulfate ferrique, ce qui produisit 0ᵏ,86 d'un beau bleu de Prusse. Le gaz ayant été reçu dans un petit gazomètre, on en mesura 125 litres donnés par le kilogramme d'os; seulement ce gaz ne jouissait pas d'un pouvoir éclairant satisfaisant. Peut-être le passage dans l'acide sulfurique avait-il un peu altéré ce pouvoir éclairant, et il est évident que M. Jacquemyns serait arrivé d'un seul coup à l'épuration complète du gaz, à l'absorption de l'ammoniaque et de l'acide carbonique avec une dissolution métallique neutre. M. Jacquemyns a oublié sans doute d'indiquer la quantité de sulfate d'ammoniaque obtenu par le passage des gaz dans l'acide sulfurique.

Ces diverses expériences et les commentaires qui les accompagnent prouvent jusqu'à la dernière évidence que les procédés *nouveaux* de fabrication de prussiate de potasse, dont on a fait grand bruit il y a deux ou trois ans, n'étaient pas nouveaux du tout. Ainsi, on a parlé beaucoup d'un procédé de MM. Possoz et Boissière, qui consistait à faire arriver de l'air, comme source d'azote, sur un mélange de potasse et de charbon chauffé au rouge blanc; il n'était pas question de fer dans le mélange. La présence de l'oxygène étant nuisible à la réaction, il était absorbé et fixé par des tournures de fer aussi chauffées au rouge. Le contact de l'azote avec le mélange en question, dans les conditions indiquées, donnait lieu à du cyanure de potassium. Cela est incontestable, et on connaissait cela bien avant MM. Possoz et Boissière. Seulement il était très intéressant de connaître les résultats pratiques de ce procédé, dont il n'avait encore été fait application que dans les laboratoires; et certainement, malgré les expériences bien antérieures de M. Desfosses, on aurait dû payer à ces messieurs un juste tribut d'éloges s'ils étaient parvenus à obtenir, dans la fabrication du prussiate, des résultats plus satisfaisants, au point de vue économique, avec ce procédé qu'avec l'ancien. Malheureusement l'application manufacturière a démontré qu'il y avait, dans la mise en pratique de ce procédé, des difficultés très grandes. Ainsi la température du mélange de potasse et de charbon doit être excessivement élevée, et les cornues en terre réfractaire, dans lesquelles on faisait l'opération (elles étaient placées verticalement), n'ont pu résister à l'action simultanée de la potasse et de la chaleur blanche; on dut en définitive renoncer à l'emploi de ce procédé dont l'essai avait eu lieu dans l'usine de Grenelle, l'ancienne usine Payen, appartenant alors à M. Couput. D'ailleurs l'économie, en supposant, bien entendu, un appareil d'un emploi possible dans une usine, ne pouvait pas être bien considérable, ainsi qu'on l'avait espéré tout d'abord. Car, sans parler de l'énorme quantité de combustible dépensée pour arriver à la haute température nécessaire à la réaction, la proportion de potasse à employer était toujours la même pour un poids voulu de prussiate; et la substitution de l'azote de l'air à celui fourni par les matières animales ne laissait pas une grande marge d'économie, si l'on remarque qu'il fallait enlever à l'air son oxygène qui aurait contrarié l'opération.

Depuis, M. Possoz a conseillé, dans les dispositions de l'appareil, une notable modification; il veut remplacer les cornues par des fours à réverbère, et le gaz azote, *ou contenant de l'azote*, serait porté à une température élevée avant d'être dirigé sur le four, ce qui faciliterait singulièrement la réaction. Cette indication de M. Possoz nous semble très bonne, essentielle même, car il est évident que l'arrivée d'un courant de gaz froid doit diminuer singulièrement la température du mélange de charbon et de potasse, et arrêter la réaction.

Après M. Possoz, d'autres personnes ont pris des brevets tout aussi *valables* que le sien, et nous avons vu un procédé, proposé par un fabricant de produits ammoniacaux, M. Laming, qui n'est que la répétition de l'expérience de M. Jacquemyns. Il serait à désirer que les amateurs de brevets se tinssent un peu plus au courant des découvertes chimiques.

Quoi qu'il doive arriver de l'expérimentation de ces procédés très peu nouveaux en théorie, mais nouveaux dans la pratique, nous doutons fort que leur réussite, même complète, puisse amener une baisse bien forte sur le prix des prussiates. Si cette baisse atteint le chiffre de 15 à 20 p. 100, les expérimentateurs devront s'estimer heureux.

Si nous pouvions *à priori* indiquer où il y a le plus de chances de bons résultats, nous n'hésiterions pas à conseiller la réalisation en grand de l'expérience faite par M. Jacquemyns avec ou sans l'utilisation des gaz carbonés pour l'éclairage; seulement nous nous permettrons de signaler quelques modifications.

Avant tout, faisons remarquer qu'il doit y avoir, par le fait du mélange de la potasse, du charbon et du

Digitized by Google

fer, mélange porté à la température rouge-blanc, réduction de la potasse; que c'est au moment où il se trouve du potassium libre qu'il y a combinaison d'azote, de carbone, de fer et de potassium. Du moins c'est là notre avis, et nous rappellerons qu'il y a quelques années M. Lassaigne a indiqué un moyen très simple de reconnaître dans une matière organique la présence de l'azote, c'est de porter au rouge dans un tube de verre cette matière au contact d'un peu de potassium; le cyanure formé, dont la présence se décèle facilement, est la preuve de la présence de l'azote. Nous insistons sur ce point, parce qu'il nous a paru que les auteurs de chimie avaient, tout au moins, glissé trop légèrement sur cette réduction de la potasse.

Revenons à l'expérimentation en question. On ferait un mélange de potasse, de fer et de charbon animal *azoté*, c'est-à-dire de charbon provenant d'une distillation dans laquelle les gaz ammoniacaux auraient déjà été utilisés pour la fabrication du prussiate. Sur le mélange, porté d'ailleurs à une température convenable, on ferait arriver le gaz provenant d'une distillation de matières animales, gaz maintenus ou portés, au sortir des cornues de distillation, à une température élevée pour faciliter la réaction. Ces gaz, après leur passage sur le mélange, seraient privés de toute l'ammoniaque excédant par leur lavage, soit dans des dissolutions métalliques, soit dans l'acide sulfurique.

Puisqu'il est ici question de faits peu connus sur les prussiates, nous croyons devoir citer une découverte récente due à M. Monthier, élève de M. Pelouze :

« On sait que l'ammoniaque liquide, à la manière des alcalis fixes, décompose le bleu de Prusse, et qu'une partie du fer passe à l'état de sesquioxyde, l'autre à celui de ferrocyanhydrate alcalin. Les expériences de M. Monthier prouvent que ceci n'est que l'expression d'une réaction finale, et qu'intermédiairement on peut obtenir un composé complexe, nouveau bleu de Prusse, dont l'ammoniaque est un des éléments constituants, mais que cependant elle décompose lorsqu'elle se trouve en excès; ce qui explique comment ce composé a échappé jusqu'alors à l'attention des chimistes. M. Monthier le prépare en versant un excès d'ammoniaque dans une dissolution de protochlorure de fer pur; on jette le tout sur un filtre reposant sur un entonnoir, dont la douille plonge dans une dissolution chaude de cyanoferrure de potassium. Au moment du mélange des deux liquides, il se forme un précipité parfaitement blanc, qui, à l'air, s'oxyde et devient bleu, comme fait le protocyanure de fer ordinaire. Cela fait, on met ce précipité en contact avec du tartrate d'ammoniaque, qui a pour but de dissoudre le sesquioxyde de fer formé simultanément. Par des lavages à l'eau distillée, on obtient ensuite le nouveau bleu parfaitement pur.

Le bleu ammoniacal est légèrement violacé; chauffé à 100°, il commence à donner des vapeurs d'acide cyanhydrique; mais ce n'est guère que vers 160° que la décomposition est sensible, et que l'ammoniaque est éliminée. Les alcalis fixes le décomposent immédiatement; les acides agissent sur lui comme sur du bleu de Prusse ordinaire; cependant le bleu ammoniacal est plus stable.

Le tartrate d'ammoniaque fournit, entre le bleu de Prusse ordinaire et le bleu de Prusse ammoniacal, un moyen de distinction facile; car il dissout le premier même à froid, tandis qu'il n'attaque le second ni à froid ni à chaud.

Nous ne doutons pas que, à cause de sa teinte violacée, le nouveau bleu de Prusse ne trouve des applications sérieuses dans les arts, si on peut l'établir à un prix raisonnable. A. MALLET.

PULVÉRISATION. Voyez BROYAGE, MÉTALLURGIE et POTERIE.

PUTRÉFACTION. Voyez FERMENTATION et CONSERVATION DES SUBSTANCES ANIMALES ET VÉGÉTALES.

PUITS. Voyez MINES.

PUITS ARTÉSIENS. Voyez ARTÉSIENS (*puits*).

PYRITES. Nom générique donné à un assez grand nombre de minerais métalliques sulfurés qui présentent un éclat métallique très prononcé; il s'applique particulièrement aux pyrites de fer (sulfures de fer), aux pyrites de cuivre (sulfures de cuivre), et aux pyrites arsénicales (sulfo-arséniure de fer).

PYROGÈNES (corps). Lorsqu'on soumet certains corps, dans des circonstances données, à une distillation sèche et modérée, il se produit souvent un départ soit d'eau, soit d'acide carbonique, dû à une partie des éléments constitutifs de ces corps, tandis que les autres éléments se groupent entre eux de manière à donner lieu à de nouveaux corps auxquels on a donné le nom de corps pyrogénés. Nous aurons occasion d'en citer quelques-uns dans le cours de ce Dictionnaire.

PYROMÈTRE. Instrument propre à mesurer les températures très élevées. Voyez THERMOMÈTRE.

PYROPHORE. On donne le nom de pyrophores à divers corps qui jouissent de la propriété de s'enflammer au contact de l'air; cette propriété paraît avoir pour cause commune la rapide absorption de l'oxygène par des corps combustibles réduits à un grand état de division. Certains oxydes métalliques, celui de fer par exemple, réduits par l'hydrogène à la plus basse température possible, deviennent extrêmement pyrophoriques. En calcinant dans un creuset luté 6 parties de noir de fumée mélangé avec 11 p. de sulfate de potasse, on obtient un mélange de charbon et de sulfure de potassium qui s'enflamme au contact de l'air avec la plus grande facilité.

Q

QUAIS. Voyez MAÇONNERIE.

QUARZ. Le quarz est de la silice sensiblement pure qui se présente dans le règne minéral en grande abondance et constitue de nombreuses variétés dont le caractère générique est d'être assez durs pour faire feu sous le briquet et d'être infusibles. Ses principales espèces sont les suivantes :

Quarz hyalin ou *cristal de roche*. Ordinairement cristallisé en prismes hexaèdres avec poisetement à 3 ou 6 faces, presque toujours incolore et transparent. Lorsqu'il est coloré, il porte différents noms suivant sa couleur; c'est du quarz *améthiste*, lorsqu'il est violet; *topaze d'Inde*, lorsqu'il est jaune; *prase*, lorsqu'il est vert; *hyacinte de Compostelle*, lorsqu'il est rouge; *aventurine*, lorsqu'il est rouge, translucide, et renfermant de petites paillettes de mica d'un jaune d'or, etc. Ces diverses variétés sont employées dans l'art du joaillier. Le cristal de roche incolore et bien transparent est très employé en optique.

Quarz silex. Variété compacte qui fournit la pierre à fusil, les silex des terrains de craie employés comme matériaux de construction et comme matières pre-

Digitized by Google

mières dans la fabrication des faïences fines, etc.

Quarz agate. Compacte, rubanné, offrant des couleurs très vives et très variées, désignées par autant de noms divers : est très employé pour faire des coupes, et autres petits meubles d'ornements.

Quarz jaspe. Variété rubannée, plus grossière que la précédente, et employée dans la décoration architecturale.

Quarz opale. C'est à cette variété de quarz qu'appartient l'*opale noble*, l'une des plus belles pierres précieuses et des plus estimées pour l'éclat et la vivacité de ses irisations.

Quarz carié ou *silex molaire.* Nous fournit les pierres meulières, ainsi que d'excellents matériaux de construction.

Quarz terreux. Ce sont des tufs siliceux qui ont un aspect terreux et sont quelquefois assez poreux pour surnager sur l'eau ; dans ce dernier cas on leur donne le nom de *quarz nectique.*

Quarz arénacé. Cette variété constitue les *grès*, roches abondamment répandues à la surface du globe et qui nous offrent de si précieux matériaux pour les constructions, le pavage, etc.

QUINCAILLERIE. Voyez SERRURERIE.

QUINQUINA ET QUININE. Le quinquina est un des articles les plus importants du commerce de la droguerie. Cette substance, dont les propriétés fébrifuges sont bien connues, est une écorce qui provient d'arbres de la famille des Rubiacées.

On en distingue plusieurs espèces dans le commerce, plus ou moins recherchées, d'après les proportions qu'elles renferment de quinine, base végétale découverte dans le quinquina par MM. Pelletier et Caventou, et à laquelle appartiennent essentiellement les propriétés fébrifuges du quinquina. On trouve dans plusieurs quinquinas, au lieu de la quinine, ou en même temps que celle-ci, une autre base végétale un peu différente, la cinchonine, base qui ne paraît pas jouir de propriétés fébrifuges aussi énergiques que la quinine, à laquelle, du reste, elle reste bien souvent mêlée, et à laquelle elle ressemble extrêmement sous tous les rapports.

Parmi les divers quinquinas, on distingue surtout : Le *quinquina jaune royal*, ou *quinquina calysaya.* Ces écorces, provenant d'arbres assez forts, sont généralement en gros morceaux plats ou qui n'ont qu'une faible courbure : la cassure en est inégale et présente de longs filaments soyeux. Sa saveur est une amertume franche et sans restriction. C'est dans ce quinquina que MM. Pelletier et Caventou ont découvert la quinine : c'est toujours la plus recherchée pour cette fabrication.

Le *quinquina gris*, ou *kina loxa*, se compose des espèces les plus recherchées de la province de Loxa, au Pérou : c'étaient les seules estimées des Espagnols. Elles sont entièrement roulées et forment de petits cylindres de la grosseur d'un tuyau de plume, et au plus de celle du petit doigt. L'épiderme est fin, de couleur fauve, plus ou moins obscure, souvent tacheté par des lichens argentins ou grisâtres. Depuis la découverte de la quinine, cette espèce est peu estimée en France.

Le *quinquina rouge* provient des écorces du *cinchona oblongifolia;* ces écorces sont grosses, plates ou cylindriques, couvertes d'un épiderme rugueux comme celui du calysaya. L'écorce de l'intérieur est rouge; sa saveur est très amère et plus astringente que dans les autres espèces. Ce quinquina est très recherché.

D'autres écorces, dites quinquina rouge pâle, paraissent être des variétés de la précédente.

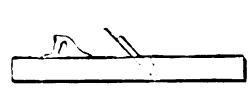
Préparation du sulfate de quinine. La grande consommation du sulfate de quinine et son prix élevé ont fait rechercher avec soin les méthodes les plus parfaites pour sa préparation. La solubilité de la quinine dans l'alcool, qui était la base des teintures à l'aide desquelles on administrait le quinquina avant la découverte de la quinine, fournit la base de ces procédés. Le procédé d'extraction indiqué par MM. Pelletier et Caventon consistait à traiter le quinquina par l'alcool ; à évaporer cette teinture en vase clos, puis à reprendre l'extrait alcoolique par l'acide hydrochlorique qui en sépare la quinine avec quelques autres principes ; à décomposer l'hydrochlorate résultant par la magnésie en excès, et à traiter enfin le dépôt magnésien par l'alcool pour en extraire la quinine. Ce procédé a été avantageusement simplifié par M. Henry fils. Il traite le quinquina par de l'eau bouillante acidulée qui enlève très bien la quinine et remplace la magnésie par de la chaux.

On voit que l'extraction de la quinine consiste 1° à bien épuiser, par des lavages successifs, le quinquina réduit en poudre ; 2° à ajouter de la chaux et à traiter par l'alcool le précipité ; 3° à soumettre à la distillation la teinture alcoolique, et, lorsque cette opération est très avancée, à ajouter l'acide sulfurique nécessaire pour sulfater la quinine, c'est-à-dire jusqu'à ce que la liqueur rougisse le papier de Tournesol. Par le refroidissement, la liqueur donne le sulfate de quinine cristallisé. On l'obtient parfaitement blanc en le redissolvant et le filtrant par du noir animal.

M. Robiquet a donné, dans le Dictionnaire technologique, un travail très complet sur la manière dont doit être conduit en grand ce travail.

R

RABOT. Outil composé d'un ciseau destiné à couper, et d'un fût qui sert à le manœuvrer et à empêcher le ciseau de pénétrer irrégulièrement dans le bois. Le fût, ou prisme de bois, est de longueur variable, fait de bois dur, généralement de cormier. La largeur dépend de celle du fer, qu'elle n'excède que de la quantité suffisante pour la résistance qu'il doit offrir. Le fût est percé (figure 2209) d'un trou oblong dit *lumière*, dans laquelle se place le fer, suivant l'inclinaison qui est déterminée par la partie postérieure de cette lumière, dans laquelle il est maintenu par un coin aigu qui s'applique, d'une part, sur le fer, et de l'autre sur deux portées, ou butoirs, ménagés sur les côtés de la lumière, en laissant les parties antérieures libres pour le passage du copeau que détache l'action du fer.



2209.

L'inclinaison du fer est d'autant moindre que le rabot doit débiter davantage : ainsi il est de 43 à 50 degrés pour les varlopes et demi-varlopes (rabots longs) qui servent à commencer le travail, et de 50 à 55 degrés pour les rabots qui servent pour les bois noueux.

Le fer du rabot est un ciseau long de 2 décimètres environ, d'une largeur variable, en général de 4 ou 5 centimètres, épais de 2 ou 3 millimètres par le haut et de 4 ou 5 par le bas. En cette partie est soudée une

Digitized by Google

plaque d'acier qui forme le tranchant. Le biseau du bas est plus ou moins incliné, suivant la nature du travail, et formé seulement dans la partie postérieure, c'est-à-dire de telle sorte que l'arête tranchante soit dans la face antérieure du fer. Il faut que le biseau soit bien plat et non arrondi pour les rabots qui servent à terminer; en un mot, il faut que le rabot soit bien établi en vue du but qu'on doit atteindre avec cet outil, qui est d'obtenir des surfaces plates.

Cette condition est encore celle qui guide pour assujettir le fer dans le fût. On serre un peu le fer avec le coin, puis *bornoyant*, c'est-à-dire regardant le tranchant avec un œil, le nez du rabot tourné vers l'œil, on voit de combien le fer du rabot dépasse la planche, et s'il la dépasse bien également. S'il incline à droite ou à gauche, on le redresse en frappant de côté sur la partie supérieure du fer. S'il n'y a pas assez de fer, on fait avancer celui-ci en frappant sur la tête ; si, au contraire, il est un peu trop saillant, on le fait rentrer en donnant un coup de marteau sur le talon du fût. Il faut que cette saillie soit très faible, si la lumière, qui doit donner passage au copeau, est très étroite, et il doit en être ainsi pour que le rabot serve à bien dresser.

Quelquefois, quand on donne beaucoup de fer, comme avec les grands rabots, les varlopes, le fer pénètre trop dans le bois, et forme des éclats. On évite cet inconvénient en employant deux fers placés l'un sur l'autre : celui du dessous, qui est seul aciéré et qui seul coupe, dépasse celui du dessus, qui sert à rompre le copeau, et empêche le fer du dessous d'entrer trop avant dans le bois. Ces deux fers sont habituellement assemblés ensemble par une vis passant dans une rainure pratiquée dans le fer du dessus, ce qui permet de le remonter quand les repassages ont diminué la longueur du fer de dessous.

Outre les rabots à planche plate et en fer plat, il en existe d'autres dans lesquels les formes de ces parties sont variables ; nous nous contenterons de les citer.

Les *bouvets* et *rabots à feuillures*, qui servent à faire les languettes et les rainures qui constituent le moyen d'assembler les planches de bois sur-le-champ. Les fers des deux bouvets servant ensemble, dits le *mâle* et la *femelle*, doivent entrer exactement l'un dans l'autre.

Les *rabots à moulures*, qu'emploie surtout le fabricant de cadres, ont une grande diversité. La figure du taillant doit correspondre exactement à celle de la planche ou *sole*, qui est faite le plus souvent en buis pour mieux résister malgré sa forme contournée.

RABOTER (MACHINE A). Nous avons déjà signalé à l'article MÉCANIQUE l'adoption dans les ateliers de la machine à raboter, comme la base des plus grands progrès accomplis depuis quelques années dans l'art de la construction des machines, en permettant d'obtenir avec une grande facilité des surfaces plates de toutes dimensions, sans autre dépense qu'une facile surveillance et le repassage du ciseau d'acier qui fait le travail. Les machines à raboter ou à planer peuvent être divisées en deux classes :

1° Celles dont l'outil se meut dans un plan horizontal, tandis que la pièce à raboter est rendue fixe pendant le travail;

2° Celles dans lesquelles la pièce à dresser est mobile, tandis que l'outil est fixe.

Les machines du premier système n'ont été construites que dans ces derniers temps, en France; les secondes ont été importées d'Angleterre, ou elles sont toujours généralement préférées, parce que l'on y pense que les outils mobiles ne permettent pas d'atteindre une précision égale à celle obtenue à l'aide d'outils fixes. Cette crainte peut être fondée pour des machines de faibles dimensions, mais n'est pas à craindre pour les tres grandes machines pour lesquelles le chariot porte-outil est d'un poids considerable. Dans ce cas ces machines sont évidemment les plus avantageuses. Elles ne prennent pas plus de longueur que la pièce à raboter, et il est évidemment plus simple de faire mouvoir le porte-outil que des pieces de plus de 10,000 kil., comme on a quelquefois besoin de le faire.

Nous renverrons à la publication industrielle de M. Armengaud ceux de nos lecteurs qui désireraient une description détaillée d'une fort belle machine de ce genre, construite par M. Cavé. Parmi plusieurs dispositions ingénieuses, celle du changement de direction du porte-outil est surtout remarquable par sa simplicité. Nous en donnerons l'idée en quelques mots, qui feront comprendre l'ensemble de la machine :

La courroie partant de l'arbre de couche et passant sur deux poulies placées aux extrémités de la machine, entraîne en se croisant deux poulies placées sur le côté du porte-outil, en les faisant tourner en sens inverse. Des pignons placés sur les axes de ces poulies engrènent avec une roue dentée, qui engrenant elle-même avec une crémaillère fait avancer le train. Il suffit donc de faire agir successivement chaque pignon pour que le train se meuve successivement dans chaque sens. C'est à quoi l'on parvient à l'aide des deux embrayages portés sur un levier, que fait mouvoir une barre qui rencontre des taquets placés sur le bâti de la machine. A chaque extrémité du mouvement le pignon moteur devient fou ; l'autre qui était fou agit, et le porte-outil se meut en sens inverse.

Le mouvement transversal de l'outil, qui se meut à l'aide d'une forte vis, s'obtient en munissant la tête de cette vis d'une étoile qui tourne par la rencontre d'une de ses branches avec un arrêt, quand le train arrive à l'extrémité de sa course.

Les machines du second système sont établies sur les bases suivantes :

La pièce à dresser, montée sur un chariot horizontal, est transportée en avant ou en arrière du porte-outil. Dans les premières machines importées en France, la vitesse était la même pour l'aller et le retour, mais la pièce n'était attaquée par l'outil que dans un sens et elle revenait sans être rabotée. Il en résultait une perte de temps considérable quand la pièce était d'une grande longueur.

On a cherché à remédier à cet inconvénient, soit en appliquant à la machine deux outils qui agissent en sens contraire, dont l'un dégrossit la surface à dresser et l'autre la termine, disposition d'outils qui demande beaucoup de soins et d'attention de la part de l'ouvrier, soit en faisant revenir la pièce avec une vitesse beaucoup plus grande que lorsqu'elle se présente à l'action de l'outil.

Mais ces dispositions ne sont que des améliorations insuffisantes, tout à fait abandonnées depuis le perfectionnement apporté à ces machines par l'invention du système dû à M. Withworth, célèbre constructeur anglais, qui permet de faire travailler le même outil constamment, que la pièce avance dans un sens ou dans l'autre. A chaque extrémité de la course l'outil décrit une demi-révolution exacte sur lui-même, en s'avançant transversalement d'une certaine quantité.

Nous renverrons encore à la publication de M. Armengaud pour la description complète de ces machines, qui ne peuvent être comprises d'une manière tout à fait satisfaisante qu'avec des dessins complets. Nous nous contenterons de donner idée en quelques mots de l'ingénieux système à l'aide duquel on fait tourner l'outil.

L'outil, en forme de crochet de tourneur, est monté à l'aide de quatre vis dans un cylindre placé lui-même à frottement doux dans un autre cylindre parfaitement alésé. Dans ce second cylindre est une rainure dans laquelle pénètre l'extrémité rectangulaire d'une tige, qui prend un mouvement de va ou de vient à chaque changement de direction du train. Or, cette extrémité entre dans une demi-hélice creusée dans le cylindre porte-

Digitized by Google

outil, et par son mouvement détermine donc une demi-révolution qui sert a ramener l'outil à sa position primitive à l'oscillation suivante.

RADEAU. On donne ce nom à un assemblage de pièces de bois qui flottent sur l'eau, soit pour transporter des charges quelconques, soit plus souvent pour transporter le bois lui-même.

C'est surtout pour le transport des bois à brûler que cette méthode est adoptée depuis l'an 1449, où Jean Rouvet descendit la Seine sur le premier radeau construit dans ce but. Les bois coupés en bûches sont, après avoir été séchés et marqués, jetés à bûches perdues dans les petits cours d'eau les plus voisins. Ces cours d'eau étant barrés près de leurs débouchés dans des grandes rivières, les bûches sont réunies en radeaux pour descendre celles-ci.

La longueur des trains est de 72 mètres ; la largeur, suivant celle des rivieres, est de trois ou quatre longueurs de bûches, c'est-à-dire de $3^m,50$ ou $4^m,60$; l'épaisseur de $0^m,50$ ou $0^m,65$, quand les eaux sont hautes. Les bûches sont assemblées à l'aide de harts et de perches.

Les trains sont dirigés à l'aide de rames quand l'eau est profonde : dans les autres cas à l'aide de gaffes, que le marinier, plongeant en aval, engage sous les *bourraches*, ou perches courbées qui sont assemblées aux extrémités. La gaffes se redressant pour la descente du train, soulève celui-ci et donne un mouvement latéral qui permet de diriger le radeau.

RAIDEUR DES CORDES. C'est une résistance passive dont l'effet est très sensible dans les palans, mouffles, et les machines à élever les fardeaux, telles que les grues et les treuils ; elle varie avec la grosseur, l'état hygrométrique et la nature des cordes qui, devant quitter une position oblique pour se placer sur le tambour, présentent une certaine résistance a l'enroulement.

Supposons une poulie sur laquelle passe une corde dont les deux bouts sont verticaux, une force P mouvante et une force Q résistante. Si l'on fait abstraction du frottement de l'axe de la poulie, les deux forces devraient être égales : l'expérience démontre que cela n'a pas lieu, et que la force P doit être plus forte que la force résistante Q. Cela tient à ce que la corde à laquelle est appliquée la résistance ne s'applique pas immédiatement sur la circonference de la poulie, mais s'en éloigne suivant une courbe, et il résulte de cette nécessité de courber ainsi la corde, une résistance qui absorbe une partie de la puissance motrice qui ne parvient pas au centre d'action. La force P ayant un bras de levier plus faible que Q, doit avoir plus d'intensité que cette dernière pour que le mouvement acquis puisse être conservé ; la quantité P — Q est ce qu'on est convenu d'appeler la raideur des cordes.

Les expériences de Coulomb démontrent que pour une même corde cette résistance P—Q, que nous appellerons S, est représentée par l'équation :

$$S = \frac{A + BQ}{D}$$

dans laquelle A et B représentent deux quantités constantes pour une même corde, mais variable avec le diametre, l'état hygrométrique et le degré de conservation de la corde.

Q, la résistance appliquée au brin qui s'enroule.

D, le diamètre de la poulie.

Les expériences de Coulomb démontrent encore :

1° Que pour les cordes en chanvre non goudronnées, qu'on appelle cordes blanches, sèches ou imbibées d'eau, en bon état, les valeurs de A et de B, en passant d'une corde à l'autre, sont à peu près entre elles comme les carrés des diamètres ;

2° Que pour ces mêmes cordes demi-usées, ces mêmes nombres A et B, sont entre eux comme les racines carrées des cubes des diamètres ;

3° Que pour les cordes goudronnées, la quantité B est proportionnelle aux nombres des fils de caret dont la corde se compose.

La quantité A peut être appelée la raideur naturelle des cordes ; la quantité B est un facteur constant par lequel il faut multiplier la tension du brin qui s'enroule pour avoir la raideur correspondant à cette charge. Les tableaux suivants indiquent les valeurs de A et de B, l'un dans le cas des cordes blanches, l'autre dans celui des cordes goudronnées.

Tableau relatif aux cordes blanches.

Diam. en centim.	Valeurs de A.				Valeurs de B.	
	Cordes en bon état.		Cordes à demi-usées.		Cordes en bon état, sèches ou mouillées.	Cordes à demi-usées, sèches ou mouillées.
	Sèches.	Mouill.	Sèches.	Mouill.		
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1	0,0556	0,1112	0,0556	0,1112	0,0024	0,0024
2	0,2224	0,4449	0,1572	0,3145	0,0097	0,0068
3	0,4995	0,9990	0,2889	0,5778	0,02202	0,0126
4	0,8998	1,7796	0,4448	0,8895	0,3895	0,0194
5	1,3903	2,7807	0,6253	1,2507	0,05063	0,028201
8	3,559	7,1187	1,2578	2,5157	0,1558	1,05506

Cordes goudronnées.

Nombre de fils de caret.	Diamètre des cordes.	Valeur de A.	Valeur de B.
	m.	m.	m.
15	0,0167	0,102	0,00627
30	0,0236	0,357	0,0125
60	0,0332	0,404	0,0251

RAPE. Voyez LIME.

RÉACTIF. Voyez DOCIMASIE, ESSAIS, MINÉRALOGIE.

REALGAR. Voyez ARSENIC.

RECTIFICATION. Voyez DISTILLATION.

RÉFLECTEUR. Voyez LUMIÈRE et PHARE.

RÉFRIGÉRANT. On donne le nom de réfrigérants aux appareils qui sont employés dans l'industrie pour abaisser la température des corps. Leurs propriétés reposent sur l'emploi de l'air ou de l'eau comme milieux dans lesquels s'opèrent le refroidissement, c'est-à-dire :

1° Sur le rayonnement dans l'air et le refroidissement par contact de celui-ci. Ce moyen, le moins rapide de tous, est celui qui s'emploie quand d'autres ne sont pas nécessaires, et sans appareil spécial ;

2° Le contact de l'eau, quand il n'est pas nuisible, offre de grands avantages ; le refroidissement est au moins quinze fois plus rapide que dans l'air. Il est avantageux dans ce cas de disposer d'une grande masse relative de liquide, afin que celui-ci ne s'échauffe pas. L'agitation du liquide, en renouvelant les surfaces, accélère le refroidissement ;

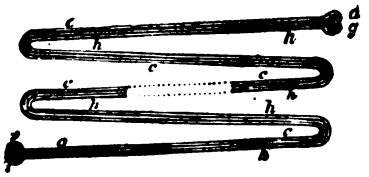
3° Enfin, on emploie aussi dans certains cas l'évaporation des liquides, puissant moyen de refroidissement.

N'ayant rien à dire de particulier quant au premier cas, passons en revue les appareils où le refroidissement par l'eau est employé, ce qui a lieu surtout pour le refroidissement des liquides, car pour les solides le procédé se réduit, en général, à plonger simplement le corps dans l'eau.

La théorie des appareils de ce genre est évidemment

Digitized by Google

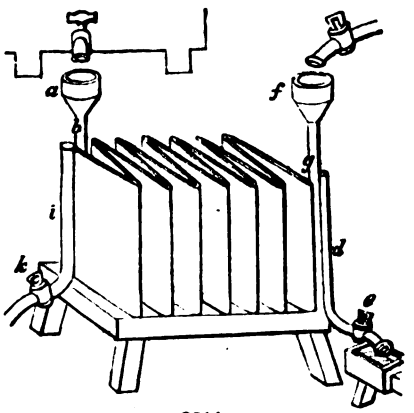
analogue à celle que nous avons indiquée à l'article *méthode de* DÉPLACEMENT ; seulement au lieu d'une substance, c'est le calorique qu'il faut extraire d'un corps pour faire passer dans l'autre. Le but sera parfaitement atteint avec une quantité d'eau seulement égale à celle du liquide aqueux à refroidir, si l'appareil est disposé de telle sorte que l'eau froide et l'eau chaude montent en sens contraire. Il est clair que si le circuit a une longueur suffisante, il y aura avec cette seule quantité d'eau échange complet de température. La fig. 2210



2210.

représente l'élément de cette disposition. Il se compose de deux tubes renfermés l'un dans l'autre. Dans le tube central circule le liquide à refroidir, et dans le tube extérieur l'eau froide marchant dans un sens inverse, entrant, par exemple, par le bas et sortant par le haut par l'effet d'une pression hydraulique, tandis que l'inverse a lieu pour le liquide chaud. Cet élément peut être multiplié, varié de diverses manières, ce qui donne lieu à diverses dispositions plus ou moins commodes suivant les cas.

La fig. 2211 représente un appareil dans lequel les



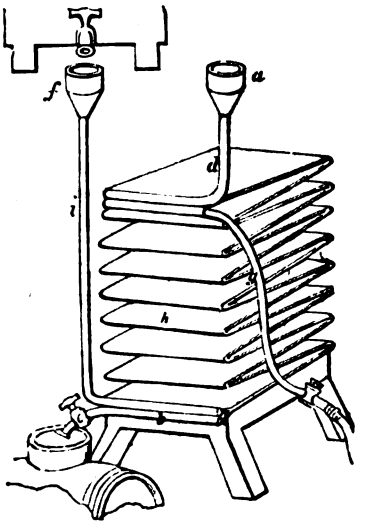
2211.

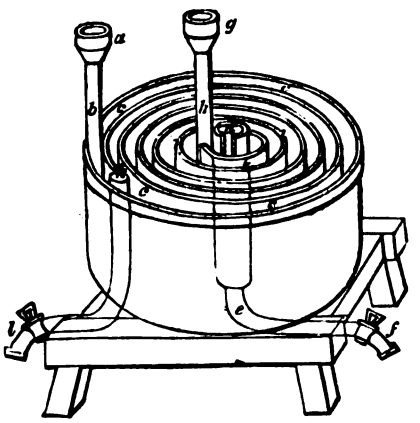
tubes sont remplacés par des plaques juxtà-posées sur un plan horizontal. L'eau froide entre dans l'appareil par l'entonnoir *a* et sort par le tube *d*. Le liquide chaud entre par l'entonnoir *f* et sort par le tube *i*. Des robinets permettent de faire varier les quantités de chaque liquide, de manière à obtenir les températures voulues à la sortie.

La fig. 2212 représente le même appareil, avec cette seule différence que les plaques renfermant les liquides sont disposées verticalement.

La fig. 2213 représente une disposition qui a été trouvée plus commode pour les liquides qui, tels que le moût de bière, forment des dépôts qu'il faut enlever. Il est formé seulement de doubles plaques enroulées cylindriquement, qui recouvrent l'eau froide entrant au centre par l'entonnoir *g* et sortant par le robinet *l*. Le liquide arrive au contraire par l'entonnoir *a* et le tube *b* dans le circuit extérieur, et parcourt toutes les spires pour arriver au centre et sortir par le tube *e*, muni du robinet *f*.

2212.



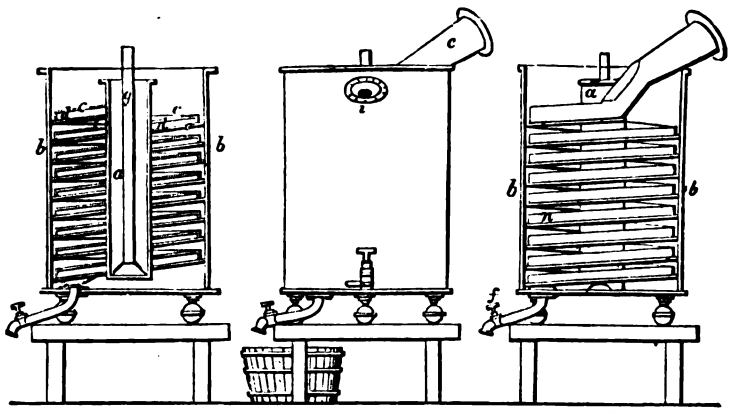


2213.

Les fig. 2214, 2215 et 2216 représentent une disposition particulière due à M. Wheeler, qui a donné à son appareil le nom de condenseur d'Archimède. Il se compose, comme le représentent les figures, de plaques horizontales renfermées dans un vase cylindrique. Le liquide chaud arrivant à la partie supérieure par le tuyau *e*, parcourt tout l'intervalle compris entre les deux plaques par un mouvement héliçoïdal, pour sortir à la partie inférieure en *f*. L'eau froide, au contraire, arrive par le centre et pénètre par le tuyau *g* jusqu'à la partie inférieure de l'appareil. De là elle remonte le long des spires jusqu'à la partie supérieure, où elle s'écoule par un siphon placé en *i*.

Les dispositions que nous venons d'indiquer sont appliquées plus ou moins complétement dans les brasseries pour refroidir le moût, afin de déterminer promptement la fermentation, car un refroidissement trop lent nuit à la qualité de la bière. Autrefois on se contentait d'exposer la bière dans de grands bacs d'une petite profondeur et d'une grande étendue, et d'accélérer l'action d'évaporation en agitant l'air.

Digitized by Google

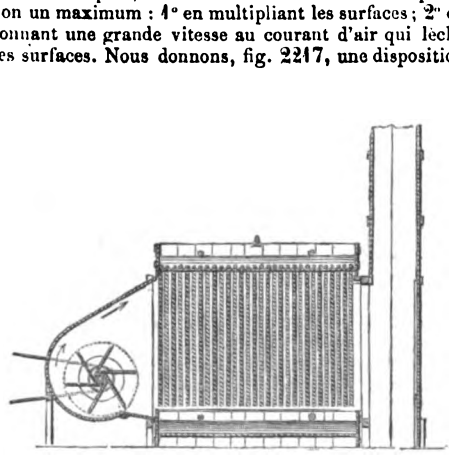


2216. 2214. 2215.

Appareils dans lesquels le refroidissement est obtenu par l'évaporation.

Les appareils qui précèdent offrent le grand avantage d'utiliser la chaleur du liquide à refroidir ; elle sert à échauffer de l'eau qui se trouve propre à être utilisée pour de nouvelles opérations. Aussi ces appareils sont-ils les plus convenables toutes les fois qu'on dispose de quantités suffisantes d'eau froide, mais il est précisément un cas important où c'est l'insuffisance d'eau froide qui rend nécessaire de refroidir rapidement l'eau chaude ; c'est le cas des machines à vapeur et des chaudières à cuire dans le vide par la vapeur, quand on ne dispose que de quantités insuffisantes d'eau froide pour la condensation.

Les conditions à remplir dans ce cas, pour un refroidissement rapide, sont évidemment de rendre l'évaporation un maximum : 1° en multipliant les surfaces ; 2° en donnant une grande vitesse au courant d'air qui lèche ces surfaces. Nous donnons, fig. 2217, une disposition



2217.

qui satisfait à ces conditions, et qui est heureusement imitée des bâtiments de graduation employés dans les salines. L'eau chaude, amenée dans un bassin supérieur, descend le long de cordes passées dans des trous pratiqués dans le fond de ce bassin. Un courant d'air, activé par un ventilateur, passe à travers ces cordes et est entraîné dans une cheminée, emportant une faible partie de l'eau, dont l'évaporation refroidit celle qui s'écoule dans le bassin inférieur.

Dans cet appareil la chaleur de l'eau est perdue, et aussi la quantité d'eau évaporée. Nous donnons à l'article SUCRE la description de l'appareil de Degrand, dans lequel l'inventeur a eu l'heureuse idée de condenser la vapeur sortant des appareils de cuite par le froid produit par l'évaporation des premiers jus, évaporation qui, dans ce cas, est tout bénéfice, puisqu'elle produit une première concentration. C.

RÉGULATEUR. Voyez MACHINES A VAPEUR et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE ET INCUBATION ARTIFICIELLE. — RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE. Dans la plupart des industries, une des nécessités d'un bon travail est la régularité continue du résultat, et par conséquent des conditions de l'opération qui donnent le résultat.

Aux actions trop souvent inégales des divers procédés, il a donc fallu opposer des moyens de régularisation de diverses natures : ainsi à l'irrégularité que les variations de température apportent dans la vitesse d'oscillation des horloges et des montres, on a opposé les régulateurs, dont les plus parfaits sont composés de deux lames métalliques inégalement dilatables, et combinées de manière à compenser les différences de longueur du balancier par la différence de dilatation des deux lames.

A l'inégalité d'action mécanique de la vapeur dans la machine à vapeur, on a opposé des appareils comme le volant, le modérateur à boules, le modérateur à soufflet de Molinié, ou celui beaucoup plus parfait à cylindre et à piston métallique de M. Larivière, appareils qui envoient dans le cylindre de la machine une plus grande quantité de vapeur quand la charge augmente, ou que la pression diminue et réciproquement.

A l'inégalité de vitesse des roues hydrauliques, on a opposé l'action des mêmes modérateurs, avec des dispositions particulières, pour envoyer plus ou moins d'eau sur la roue, suivant que la vitesse diminue ou s'accroît hors des limites fixées.

A l'inégalité de pression dans les soufflerie et de charge d'eau dans la plupart des machines à monter de l'eau, on a opposé l'emploi de réservoirs d'air comprimé, qui par sa dilatation rend, quand l'effort du moteur diminue, une partie de l'excès de pression qu'on lui avait confié.

Aux variations passagères des rivières, dont le niveau doit être rigoureusement maintenu au repère, on a opposé l'établissement de vannes de compensation ou de vannes de réglement à flotteurs, qui tantôt ouvrent un autre débouché aux eaux quand elles sont trop fortes, tantôt augmentent la section d'arrivée quand les eaux viennent à baisser.

Aux variations de longueur des tiges métalliques ou des tuyaux de chauffage, on a opposé divers accouplements, comme des boîtes à étoupes, dites compensateurs, qui font rentrer une partie des tuyaux dans l'autre quand ils s'allongent, et réciproquement.

Aux variations de pression du gaz d'éclairage on oppose des cloches intermédiaires ou petits gazomètres, dont la charge se règle à volonté et reste invariable au degré exact de pression qui est nécessaire.

A divers métiers on applique des artifices, dont l'effet est du même ordre. Dans les bancs-broches à fi-

Digitized by Google

ler le coton ou le lin, on corrige la différence de vitesse donnée au fil par le grossissement des bobines au moyen de cônes opposés, sur lesquels on fait marcher une courroie qui diminue la vitesse des bobines dans le rapport exact de leur augmentation de diamètre.

L'étude comparative de ces divers procédés de compensation aurait certainement beaucoup d'intérêt, mais nous n'avons à parler ici que du procédé employé pour régulariser les températures dans quelques opérations industrielles, et de décrire surtout l'une des applications les plus originales de ces procédés, l'*art de faire éclore des poulets dans des couveuses artificielles* et de les élever.

En parlant de régulateur de température, il n'est pas question ici des moyens employés dans tous les fours ou fourneaux manufacturiers pour obtenir un chauffage et une température à peu près réguliers, par la manœuvre des portes du fourneau ou du cendrier et de clefs ou registres, par l'emploi des appareils de distribution ou la conduite du feu; nous parlons des procédés avec lesquels la température d'un appareil se règle et s'égalise par sa marche même, de manière à activer la source de production de chaleur quand la température de l'appareil vient à baisser, et à ralentir quand la température s'élève.

Une disposition plusieurs fois employée consiste à installer par une de ses extrémités, dans la capacité dont le degré de chaleur doit être maintenu invariable, une tige métallique en fer, en cuivre ou en zinc, dont l'autre bout sort à l'extérieur. Cette tige subit évidemment les variations de température du milieu dans lequel elle est plongée; elle s'allonge quand la température s'y élève, et se raccourcit quand elle s'abaisse.

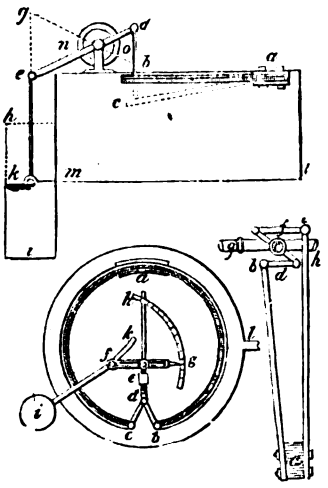
Il est évident que si la tige métallique est assez longue pour qu'une légère variation de chaleur produise un allongement sensible, on pourra au moyen de leviers qui multiplieront l'amplitude du mouvement, faire manœuvrer par la tige un appareil qui diminuera l'intensité d'action de la source de chaleur, quand la tige s'allongera sous un excès de chaleur, et l'augmentera quand, au contraire, un abaissement de chaleur viendra raccourcir la tige métallique.

Rien de plus simple que le principe de ce procédé. Nous l'avons vu appliqué à des étuves, à des poêles à feu lent et à température constante, comme les poêles à anthracite de l'Amérique. La tige alors, plongée dans le réservoir d'air chaud, manœuvrait par ses mouvements une clef placée dans le tuyau de fumée, unie à une valve, très sensible, qui réglait ou fermait presque complétement l'arrivée de l'air sous le foyer et par conséquent la vitesse de combustion. Installée dans des vases pleins de liquide pour le service des bains, les distillations, les évaporations, etc., que l'on veut maintenir sans variation au même degré pendant un long temps, la tige métallique agit de la même manière.

Le thermostat du docteur Ure est construit sur le principe dont nous avons parlé plus haut, et formé de deux ou plusieurs lames de différentes dilatabilités, l'une en acier, l'autre en laiton.

Ces barres, invariablement liées par un bout, agissent par l'autre bout au moyen d'un levier *e*, *e*, sur une valve ou registre *o n* (fig. 2218) qui ouvre ou ferme, par exemple, l'entrée de l'air de ventilation dans un appartement ou l'entrée de l'air chaud sous une chaudière ou un bain. La fig. 2219 est une disposition qui sert à maintenir un réservoir d'eau à une température constante, en ouvrant ou fermant, suivant les besoins, un robinet qui opère ou interrompt l'introduction de l'eau chaude. On voit donc qu'en ajustant les tiges à la température pour laquelle elles doivent être réglées, on obtiendra facilement le degré que l'on veut, par le calcul des rapports d'allongement avec les longueurs des leviers, engrenages ou autres transmissions, et l'amplitude de la course à faire exécuter à la pièce qui réchauffe la capacité donnée. La fig. 2220 représente 2 barres inégalement dilatables *ab*, *ac*, liées en *a*, et qui ouvrent ou ferment plus ou moins le robinet du tuyau *g h*, en agissant sur les leviers intermédiaires *d* et *f*.

2218.



2219. 2220.

Le docteur Ure a décrit plusieurs applications de son procédé et en particulier à une cheminée dont il manœuvre le registre. Mais il est évident que l'impossibilité d'employer dans la plupart des cas de longues barres, rend les courses disponibles infiniment petites, et exige, pour avoir des mouvements utilisables, des complications embarrassantes et peu sûres de leviers ou d'engrenages. Ces leviers, en effet, ne peuvent pas rester inaltérables ni toujours en parfait état de mouvement, et l'appareil de règlement finit par ne plus rien régler.

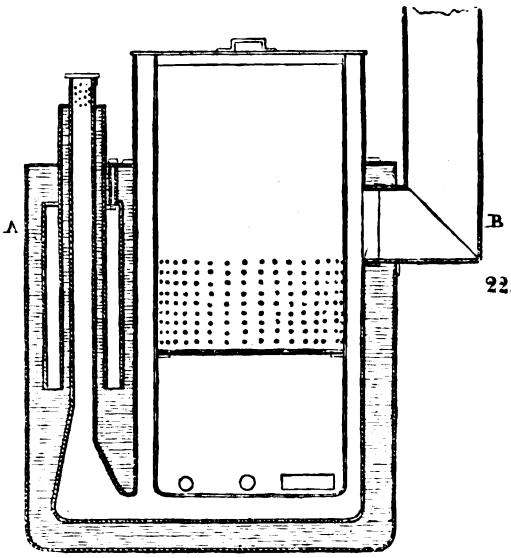
Régulateur de Sorel. M. Sorel a eu l'heureuse idée de substituer à la dilatation trop faible des tiges métalliques, les grandes dilatations de l'air, renfermé dans une capacité close. La petite chaudière à régulateur (fig. 2221 et 2222) montée par M. Sorel dans le couvoir de madame Rousseau, consiste en une chemise extérieure en cuivre A qui reçoit un vase intérieur sans communication avec elle; au centre est ajusté un cylindre en tôle avec un foyer, et des trous, percés au bas de ce cylindre, portent au foyer l'air destiné à la combustion, et qui arrive à travers l'enveloppe extérieure du tube vertical D fermé en haut, et muni seulement de trous d'entrée à sa circonférence. Les produits de la combustion passent à travers un grand nombre d'orifices percés dans le cylindre du foyer, et échauffent avec le calorique dégagé, l'eau de la chaudière, sans la mettre jamais en ébullition, comme le ferait un foyer direct. Puis la fumée s'échappe par un tuyau de tôle muni d'une clef. Autour du tuyau d'arrivée d'air est un récipient renversé, servant de flotteur et rempli d'air, qui se dilate quand la température s'élève, et, s'élevant en même temps, va fermer les trous d'arrivée d'air et ralentir la combustion.— Il descend, au contraire, dès que la température s'abaisse, ouvre un plus large passage à l'air d'alimentation, et rend à la combustion toute son activité. Un petit tuyau, muni d'un bouchon, sert à régler la quantité d'air renfermée dans le récipient, de manière à fermer complétement l'ouverture d'admission d'air au degré maximum que l'eau de la chaudière doit atteindre, comme à l'ouvrir en entier au degré le plus bas, et d'obtenir ainsi une température constante, à un degré près.

Les variations atmosphériques exigeant des variations dans l'intensité du chauffage, on augmente ou on diminue la quantité d'air contenue dans le flotteur suivant

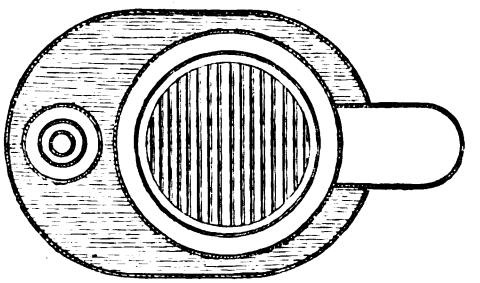
Digitized by Google

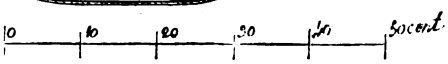
que la température extérieure est plus ou moins élevée, et qu'il faut diminuer ou augmenter la quantité de combustible brûlé.

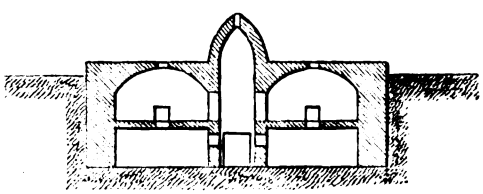
Il suffira, pour déterminer les dimensions d'un semblable appareil, de calculer le volume d'air renfermé au degré de règle, et l'augmentation de volume que cet air éprouvera, tant par la chaleur que par la différence de tension de la vapeur, depuis le degré de règle jusqu'à celui maximum où l'on veut que le registre soit complétement fermé. Avec les rapports de section des vases, on aura l'amplitude de mouvement du flotteur, et on déterminera les leviers nécessaires pour développer la course complète d'un registre ou d'une valve. M. Bonnemain, pour régler les beaux appareils dont nous allons parler, a trouvé un régulateur de température que nous ne donnons pas ; il repose sur le principe de l'inégale dilatation du plomb et du fer pour ouvrir le tuyau ou fermer le registre de l'introduction d'air du foyer ; mais cet appareil, outre plusieurs défauts spéciaux, est loin de valoir celui de M. Sorel.

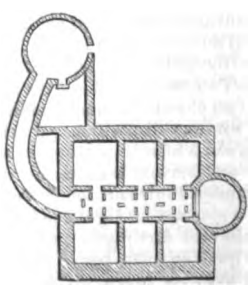


2221.


2222.




2223.


2224.

INCUBATION ARTIFICIELLE.

L'art de couver artificiellement les œufs et de faire éclore les poulets est une des inventions les plus curieuses de l'homme, comme la reproduction d'un acte encore mystérieux de la nature. Mais on s'explique facilement cette découverte dans un pays aussi chaud et aussi sec que l'Egypte, et dont les habitants ont chaque jour sous les yeux plusieurs espèces d'animaux qui laissent couver leurs œufs dans le sable à la seule chaleur du soleil.

De l'observation de ce fait à l'imitation artificielle du procédé, il n'y avait qu'un pas (1).

On trouve, en effet, quelques mots sur cette industrie des Egyptiens dans Aristote et dans Diodore de Sicile. Il n'en est aucunement question dans Hérodote, d'ailleurs si exact dans la description de tout ce qu'il a vu de remarquable en Egypte, d'où l'on peut conclure que cet art est né dans l'intervalle écoulé entre les époques où écrivaient Hérodote et Aristote. Aujourd'hui, cet art est encore florissant dans l'Egypte, qui lui doit la grande abondance de volaille dont elle est pourvue. L'éclosion des œufs paraît, d'après quelques mots de Pline, avoir eu lieu d'abord dans des couches de fumier où la fermentation développe une chaleur douce et régulière, procédé employé depuis par Réaumur. Mais vers le temps de Pline le naturaliste, on y substitua *l'emploi des fours artificiellement chauffés, où les œufs étaient placés sur des lits de paille.* Ces fours, appelés *mamals*, existent encore aujourd'hui. Ils sont banaux et communs à vingt ou vingt-cinq villages. Ils consistent (figures 2223 et 2224) en plusieurs systèmes de chambres accouplées, construites en maçonnerie très épaisse, presque entièrement enterrées sous le sol, et auxquelles on n'arrive que par un long corridor, défendu encore par des cloisons, dispositions merveilleusement bien combinées pour obtenir la température parfaitement égale qui est nécessaire au développement des poulets. Les Egyptiens n'ayant, en effet, que des procédés de chauffage grossiers, c'est par la masse de maçonnerie qu'ils ont été obligés d'en régulariser les effets.

(1) Le savant M. Ed. Biot a bien voulu rechercher, sur notre demande, si dans les ouvrages chinois qui traitent des arts, ou dans les mémoires des missionnaires, il n'était pas parlé de procédés analogues. Il n'en a trouvé aucune trace.

Digitized by Google

Chaque système se compose d'une chambre inférieure et d'une chambre supérieure, communiquant entre elles par une ouverture centrale et avec le corridor par des ouvertures. On place 6000 à 7000 œufs dans la chambre inférieure sur de la paille; on fait, pendant les huit ou dix premiers jours seulement, du feu dans des rigoles réservées à l'entrée de la chambre supérieure, en y brûlant le combustible de l'Egypte, des mottes composées de bouse de vache, de fiente de chameau et de paille ; la fumée s'échappe par l'ouverture de la chambre supérieure et par celle de la voûte du corridor, et la chambre inférieure s'échauffe par la transmission de la chaleur du four supérieur. Trois ou quatre heures de feu suffisent par jour. Plusieurs fois par jour on remue les œufs pour en égaliser la température.

Vers le dixième jour, après avoir visité les œufs à la lumière, et enlevé ceux qui sont mauvais, on les monte tous dans la chambre supérieure, où les mêmes soins leur sont donnés, et enfin, vers le vingt-et-unième jour, les poulets éclosent. On les rend alors aux propriétaires des œufs, ou on les vend à la trentaine. Leur nourriture paraît être de la farine de millet.

Les poulets, avant d'être mis à l'air, sont placés dans la galerie centrale pour les accoutumer lentement à la température extérieure.

L'art de conduire les *mamals* est resté concentré dans le *seul* village de *Bermè*, dans le Delta, et chaque année les Berméens, au commencement de l'automne, se répandent dans toute l'Egypte pour y exercer leur industrie, qui exige évidemment une grande expérience pratique. Pour prix de leurs soins, ils prennent tous les poulets qui éclosent au-delà des deux tiers des œufs qu'on leur a confiés, déduction faite de ceux qu'ils ont rejetés à la visite comme ne se développant pas.

Cette industrie était restée ignorée en Europe, lorsque Réaumur travailla à l'introduire en France. C'est l'un des hommes qui ont réuni le plus heureusement la connaissance scientifique aux applications d'atelier. Il consacra à ce travail de longues séries d'expériences, plusieurs ouvrages importants, et rédigea même une instruction-pratique, mais sans en faire réellement un art.

Comme l'avaient fait d'abord les Egyptiens, il employa presque exclusivement le fumier, pour entretenir un four en bois à la température de 40° centigrades que l'observation lui avait appris être la meilleure. Il reconnut le danger des émanations putrides sur les œufs ou les poulets près d'éclore, la nécessité du renouvellement de l'air sur les œufs, et en conclut l'existence du phénomène de la respiration du poulet dans son œuf. Il rechercha les moyens de régulariser la chaleur de ses couches de fumier, mais avec peu de succès, car jamais ses procédés n'ont donné de produits suivis. Ses recherches sur les moyens d'éducation et de nourriture des poulets, son invention des *poussinières* grillagées, des *mères*, garnies de peaux de mouton, encore employées, sont surtout remarquables.

L'auteur de l'ornithotrophie, Copineau (1783), vint ensuite apporter un four ingénieux et bien disposé : c'était une hutte en bois, à enveloppes doubles et rembourrées, recevant intérieurement les œufs sur des étagères, et chauffée par une espèce de calorifère placé à la partie inférieure, et dont le tuyau de fumée sortait par le haut de la hutte. La hutte était munie de moyens de ventilation; etc. Cet ouvrage est une bonne instruction sur tous les moyens pratiques d'exécuter en grand l'incubation et l'éducation artificielle des poulets.

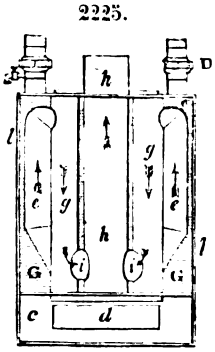
Mais c'est Bonnemain qui a porté l'incubation à son degré actuel de perfection par la découverte du *chauffage à circulation d'eau*, et l'invention pour chacune des phases de l'incubation de dispositions d'appareils merveilleusement simples. Il fut le premier qui pratiqua cette industrie en grand comme spéculation, et qui vendit longtemps des poulets sur les marchés de Paris. On a répété partout que la révolution avait ruiné son établissement; c'est une erreur. Ce qui l'a ruiné, certainement ce n'est pas la révolution française, c'est, outre tous les frais d'essais manqués dans lesquels un inventeur comme lui a dû s'engager, le haut prix de la nourriture nécessaire aux jeunes poulets, comme l'ont observé et éprouvé ceux qui, en France, en Angleterre et aux Etats-Unis, ont voulu, avec les moyens parfaits de Bonnemain, tirer un parti industriel de ses procédés. Un appareil, monté par lui-même, fonctionne encore aujourd'hui au Pecq, chez madame Rousseau, qui y a seulement ajouté le régulateur de Sorel. Madame Rousseau, avec une généreuse persévérance, a voulu honorer les travaux de Bonnemain et conserver à la France ce modèle d'un art qui, à notre avis, aurait dû donner de bons résultats, et qui commence à se répandre dans les fermes avec les petits couvoirs. C'est à la bienveillance de madame Rousseau que nous devons tous les détails qui suivent. Bonnemain, qui a tant inventé, et dont toutes les inventions portent un caractère si hautement pratique, Bonnemain, par une crainte exagérée des contrefacteurs, n'a jamais rien écrit. Nous sommes heureux de pouvoir donner ici, avec tous ses détails, l'art de l'*éducation des poulets*.

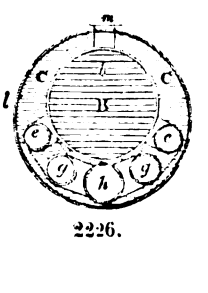
Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'impossibilité où l'on serait de trouver assez de poules couveuses pour obtenir seulement 100 poulets par jour ; il faudrait plus de 2500 poules à raison de 12 œufs par poule et une poule sur dix qui puisse couver : quelle dépense et quels embarras !

Avec l'incubation artificielle, rien n'est plus facile, c'est une véritable industrie.

Les appareils d'éclosion sont renfermés dans une chambre partagée en trois parties par des cloisons. Dans un angle est un petit cabinet bien clos, peu éclairé, pour être facilement maintenu à 39° centigrades, température nécessaire à l'éclosion, et qui reçoit le *couvoir*. — Cet appareil (fig. 2227) est un bâti composé de montants et de traverses sur lesquels on fait glisser des tiroirs destinés à recevoir les œufs. Des bandes de vieux tapis retombent par devant les tiroirs, et ferment entièrement le bâti; et de plus, une couverture recouvre entièrement le bâti pour y mieux concentrer la chaleur. Les deux bouts du bâti, le plafond et le fond, isolés du sol, sont fermés à demeure par des panneaux de bois, et au-dessus du plancher inférieur sont suspendues des peaux de mouton faisant la courbe, et isolées de ces planches de 4 centimètres.

2225.





2226.

Cet étage inférieur sert de promenoir aux poulets nouvellement éclos, qui cherchent sous les peaux de mouton, appelées *mères*, la chaleur artificielle dont ils ont besoin.

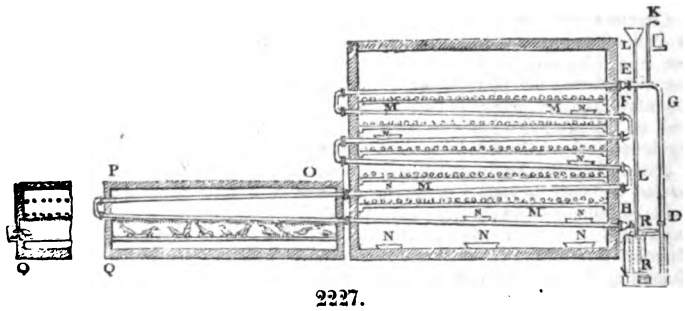
Un promenoir extérieur, grillagé, placé du côté de la fenêtre, sert à faire sortir et manger, pendant les six ou huit premiers jours, les poulets par deux petites trappes.

A ces dispositions si ingénieuses, Bonnemain a ajouté son bel appareil de chauffage à circulation d'eau, dont nous avons parlé en détail à l'article *chauffage d'habitation*.

Une petite chaudière de cuivre (fig. 2225 et 2226) munie d'un foyer intérieur, et remplacée chez madame

Digitized by Google

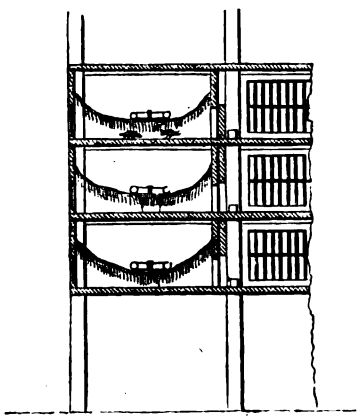
Rousseau par le régulateur de Sorel, porte à sa partie supérieure un tuyau en cuivre de 0m,06 de diamètre, plein d'eau (fig. 2227), qui monte jusqu'en haut du couvoir et s'y ramifie en sept branchements de 0m,04, qui courent dans la longueur du bâti, vont descendre par un tuyau unique à l'étage de tiroirs immédiatement inférieur, où il se divise de nouveau en sept tuyaux pour passer au-dessus des tiroirs de cet étage, et aller successivement, toujours en descendant d'étage en étage, chauffer tous les tiroirs, et rentrer enfin dans le bas de la chaudière par un tuyau unique. Par la combustion du charbon de bois placé dans le foyer, l'eau de la chaudière s'échauffe et circule d'une manière continue dans les colonnes montantes et descendantes de l'appareil, en y répandant une chaleur douce très égale, et réglée à volonté, comme nous l'avons dit, au moyen du régulateur Sorel.



2227.

A la partie supérieure de l'appareil est un petit tuyau destiné à évacuer l'air que dégage l'eau chauffée, ou qui s'introduit dans l'appareil, et qui en arrêterait la circulation. De côté se trouve un tuyau plus gros dans lequel plonge un siphon.

Dans la même salle sont placés les promenoirs (figure 2228), où l'on place les poulets après sept ou huit



2228.

jours d'éclosion. Ce sont trois planchers superposés fermés à l'entour de grillage très fin, pour que les poulets ne puissent pas s'y étrangler.

A une extrémité du promenoir sont des cages, appelées mères, munies de peaux de mouton disposées comme nous l'avons déjà dit, communiquant avec le promenoir par de petites trappes que l'on ouvre ou ferme du dehors, et qui restent ouvertes pendant le jour pour que les poulets puissent à leur gré aller se promener, ou revenir chercher sous les mères une température plus élevée.

Deux tuyaux de circulation d'eau, partant d'un appareil indépendant de celui du couvoir, passent au-dessus des peaux de mouton, et servent à tenir les poulets à la température dont ils ont besoin.

Dans la salle même, dont les murs doivent être épais, est un poêle toujours chaud, qui dans cette salle empêche tout refroidissement. On lâche les poulets quand ils sont plus gros. Enfin, dans un angle est un cabinet où se trouvent des bâtons scellés horizontalement dans les murs, pour y faire percher les poulets quand on les ôte des *mères*.

Conduite de l'incubation.

Après avoir chauffé l'appareil pendant huit ou dix jours, pour vérifier s'il fonctionne bien et après avoir échauffé les murs, on place les œufs à couver dans les tiroirs, en choisissant des œufs qui n'aient pas plus de 15 ou 20 jours de date; plus vieux ils donnent plus de déchet. Il faut choisir les œufs des poules dont on est sûr; jamais ceux qui ont un vide à l'intérieur. Les poules ordinaires, les noires surtout, sont en général meilleures que les poules rousses. Les poules les plus fortes produisent, dit-on, plus de femelles que de mâles. Le nombre des coqs influe beaucoup sur la fécondité des œufs. S'il y a trop de coqs pour un nombre donné de poules, il y a plus d'œufs clairs; il faut un coq pour huit poules.

Pour avoir des poulets sans interruption pendant toute la saison, on ne remplit les tiroirs que successivement, en rapport avec les quantités que l'on veut obtenir, en commençant à faire couver au mois de janvier, aussitôt que l'on peut se procurer des œufs.

On place dans chaque tiroir 60 ou 70 œufs sur un lit de paille de froment broyée dans les mains, avec une étiquette portant la date d'entrée et un thermomètre, et on les espace soigneusement pour éviter tout contact.

Entre les tiroirs, à chaque rangée, on place une éponge imbibée d'eau; celle-ci est renouvelée chaque jour, et est destinée à entretenir un degré nécessaire d'humidité dans l'air chauffé du couvoir; l'air trop sec dessécherait les œufs et tuerait les germes ou les poussins.

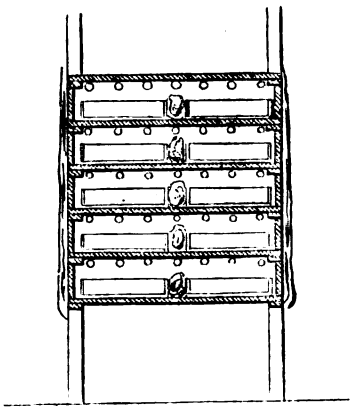
Les tapis et couvertures sont soigneusement baissés et la porte fermée, et on règle l'appareil de manière à maintenir dans le couvoir, rigoureusement, sans variations, 39° centigrades. C'est la condition la plus importante de l'incubation, et on a pu voir que c'était le but qu'on s'était proposé dans les différents appareils construits à toutes les époques. Une chaleur trop intense ou trop faible, ou même des variations importantes de chaleur, nuiraient gravement au développement de l'embryon. Bien que l'incubation puisse avoir lieu de 30 à 45° centigrades, la température la plus convenable est celle de 39°.

Le foyer se remplit matin et soir de charbon de bois, en réglant la marche du flotteur d'après la température extérieure de manière que dans les plus grands froids le foyer ne soit pas tout à fait vide le soir.

Pour 18 à 24 tiroirs à 70 œufs, il faut à peu près 15 à 20 litres de charbon de bois par jour. On doit visiter les œufs toutes les vingt-quatre heures. On les laisse s'aérer les portes ouvertes pendant un quart d'heure, afin d'avoir toujours de l'air frais dans les cases. Si la température n'était pas égale dans tous les tiroirs, on envelopperait de laine la portion de tuyau qui chaufferait trop

Digitized by Google

vivement. On renouvelle enfin l'eau des éponges, on referme tout et on rabat les couvertures (fig. 2229).



2229.

Après cinq jours de couvée, un œil exercé aperçoit déjà le germe développé en mirant les œufs à une vive lumière. Au dixième jour cela devient très facile, on voit le poussin remuer et des veines sanguines parcourir l'œuf dans tous les sens. Tous les œufs où le germe ne s'est pas développé, sont enlevés et cuits pour la nourriture des petits poussins.

Avant l'époque de l'éclosion, on étend dans le couvoir, à l'entour du bâti, un lit épais de paille broyée à la main, pour garantir de la mort les poussins qui souvent viennent à tomber. L'éclosion a lieu le vingt-unième et quelquefois le vingt-deuxième et le vingt-troisième jour. Tout le monde sait, d'après Bonnemain, que le poussin casse sa coquille en la frappant avec une éminence cornée dont le bout de son bec est armée, ce qu'on appelle *bécher*, et qu'il l'ouvre en faisant effort sur les morceaux séparés et en déchirant les membranes intérieures, après quoi il sort tout mouillé et se ressuie en deux heures de temps à l'étuve.

Le premier jour on laisse les poussins sortir de leur coquille sans les troubler ; le second jour seulement on aide ceux qui ne sont pas assez forts pour sortir, en brisant avec précaution la coquille avec une épingle. Quelquefois le petit poulet est trop faible pour sortir, ou même il est collé à la coquille par la dessiccation trop rapide des liquides intérieurs. Il attendrait trop longtemps pour sortir et en souffrirait. Il faut casser la coquille avec précaution pour l'aider, et le décoller avec un peu d'eau tiède pour lui permettre de se dégager. On enlève immédiatement les coquilles qui pourraient blesser les poussins, que l'on descend le deuxième jour à l'étage inférieur du couvoir sous les peaux de mouton, élevées au centre de 4 centimètres pour que les poulets n'en puissent pas être écrasés.

Les poussins sont laissés vingt-quatre heures sans manger ; les jours suivants on les sort quatre ou cinq fois à la main, pendant un quart d'heure, dans le promenoir établi au bout du couvoir. A chaque sortie on leur donne à manger dans de petites auges en bois. On augmente ensuite le temps des sorties.

Quelquefois aussi on les laisse deux ou trois jours dans de la paille propre et menue avant de les descendre au plancher inférieur.

Ainsi accoutumés à l'air, on les porte après six ou huit jours sous les mères que nous avons décrites, et où la température est de 25 à 30 degrés centigrades. Les trappes des mères restent fermées la nuit, et le jour on les ouvre, pour leur donner leur nourriture dans les grands promenoirs placés dans une salle, qu'un poêle entretient de 15 à 20° centigrades, en plaçant chaque jour la nourriture à 25 ou 30 centim. plus loin des trappes pour les accoutumer par degré à l'air de la salle. Quand la température extérieure est à 6 degrés au-dessus de zéro, la chaleur des poussins suffit sans les appareils pour entretenir sous les mères la température nécessaire à leur santé. L'eau, souvent renouvelée, qu'on leur laisse pour boire, est mise dans des vases de fer-blanc ayant un centimètre de saillie et de hauteur, pour éviter qu'ils ne s'y puissent noyer ; les vases de plomb ou de cuivre les empoisonneraient. On a grand soin de séparer les couvées par des cloisons, afin de régler la nourriture en raison de l'âge.

La nourriture donnée aux petits poussins est une question très importante, et qui a jusqu'à présent ruiné les établissements industriels d'incubation artificielle.

On prend toute la mie d'un pain de 2 kilogrammes avec laquelle on écrase et on pile dans un mortier le jaune de cinq ou six œufs cuits durs, et avant tout les jaunes des œufs avortés au couvoir, ou dont les poussins sont morts avant d'éclore : les poussins en sont pilés avec les jaunes d'œufs de manière à ne rien perdre. C'est la ration de 40 poulets pendant vingt-quatre heures.

Les blancs d'œufs sont cuits à part et passent dans la nourriture des poulets plus forts.

Après douze ou quinze jours, on donne aux poulets bien portants du petit blé tendre ou du maïs cuit, sans être écrasé, ou de la pomme de terre cuite et mise en boule, sur une soucoupe renversée, autour de laquelle tous viennent picoter sans rien perdre. A 20 poulets de trois semaines, il faut par jour 1 litre 1/2 de blé qui, à la cuisson, donne 3 litres environ. La mie de pain trempée modérément d'eau leur est aussi très bonne. Enfin on y ajoute tout ce qui est gâché dans la nourriture des petits poussins, gent très délicate sous ce rapport. Comme à l'homme, une nourriture alternée est très favorable au développement des poulets.

Ces diverses natures de nourritures sont évidemment trop chères pour donner des bénéfices dans l'éducation des poulets. Le savant d'Arcet, qui avait une si haute estime pour les travaux de Bonnemain, qui connaissait si bien les questions d'alimentation, proposait comme aussi simple qu'économique la pomme de terre cuite dans la dissolution gélatineuse extraite des os, et pour lester l'estomac, car cette nourriture serait trop substantielle, il y ajoutait de la sciure de bois ou de la tannée bien lavée.

On obtiendrait ainsi à très bon marché une excellente nourriture et des poulets rapidement et vigoureusement développés. Une pâtée dans laquelle entrerait, au lieu de jaunes d'œufs, de la viande de cheval cuite à la vapeur, réussirait aussi parfaitement aux jeunes poulets.

Les premières couvées de janvier restent deux mois sans sortir ; une heure suffit pour la première fois, et encore par un beau soleil. Chaque jour on allonge la sortie dans une cour, ou mieux en les classant par couvée sous des cages d'osier. Puis enfin ils passent dehors toute la journée ; mais il faut leur éviter toute humidité qui leur est funeste, et les rentrer surtout avant la soirée, ou quand la pluie les menace ; car alors, accoutumés à se presser ensemble sous les mères artificielles pour se défendre du froid, ils se précipitent en masse dans un des coins de la cour, montent les uns sur les autres sans qu'aucun effort puisse les arrêter, et ceux de dessous sont infailliblement asphyxiés.

Bonnemain a trouvé un procédé très ingénieux pour séparer par âge et par force les poulets de plusieurs couvées laissés libres dans une cour. Il a fait un escalier avec des marches de hauteur *croissante*. Sur

Digitized by Google

ces marches, il semait du grain ou toute autre nourriture que tous les poulets venaient manger. Il est évident que les poulets les plus forts pouvaient seuls monter sur les marches les plus hautes, et ils se trouvaient ainsi naturellement classés par taille et par âge. Après sept ou huit semaines, on les fait coucher sous les mères; puis alors ils perchent dans le cabinet-perchoir dont nous avons parlé plus haut. Quant aux couvées de l'été, on les sort à quinze jours ou trois semaines, mais à l'ombre seulement; à trois mois, ils sont bons à vendre et à manger.

Jusqu'à cet âge, on perd ordinairement 20 p. 0/0 des poulets éclos. Leur maladie la plus habituelle est une diarrhée due le plus souvent à la température trop élevée des mères, ou à ce qu'ils s'y trouvent trop serrés, et que l'on guérirait probablement par un régime de riz bien cuit. Il en périt aussi beaucoup par asphyxie, comme nous l'avons dit, étouffés par les autres. Il faut, pour éviter les pertes, exercer une active surveillance, séparer ces poulets trop nombreux, les rentrer à chaque menace de pluie, ou bien avant l'arrivée de la nuit; se défendre surtout contre les grandes chaleurs, qui sont même défavorables aux éclosions; car les couvées qui réussissent le mieux sont celles de la fin de l'hiver.

Incubation artificielle par les eaux minérales. — D'Arcet a essayé aussi à Vichy, en 1827, et ensuite à Chaudes-Aigues, l'incubation artificielle pour donner de belle volaille aux malades qui arrivent de bonne heure aux eaux et qui n'y trouvent que des poulets excessivement petits. Les œufs étaient placés dans un panier suspendu dans une chambre chauffée par le passage des eaux minérales dans un poêle métallique. L'éducation de ces poulets, même pendant l'hiver, dans des salles chauffées de la même manière, ne peut présenter aucune difficulté. C'est un procédé très ingénieux. Nous ne parlerons d'aucune des dispositions de procédés que l'on trouve décrites dans le Bulletin de la Société d'encouragement, dans le Dictionnaire des découvertes, les Mémoires de l'Académie des sciences, etc. : aucun n'a même fonctionné, et les procédés de Bonnemain sont restés ce qu'il y a de plus parfait.

Couvoirs portatifs. — Si cependant l'incubation artificielle, comme industrie spéciale, n'a pas vécu et donné des bénéfices, l'éclosion artificielle par de petits appareils portatifs s'est répandue dans beaucoup de fermes, où elle a donné de très bons résultats.

Le meilleur de ces appareils est le *caléfacteur-couvoir* de Lemare, inventeur aussi original et aussi pratique que Bonnemain. Cet appareil, représenté en coupe (fig. 2230), consiste en une boîte inférieure en bois A, qui supporte l'appareil à eau chaude B, et contient la lampe à esprit de vin H. Un vase en cuivre ou en zinc B, rempli d'eau, et qui reçoit la chaleur transmise par la lampe pour la transmettre et l'égaliser sur les œufs. Ce vase porte un tube P, qui sert à le remplir d'eau, et un petit tube pour évacuer l'air de la partie supérieure au moment du remplissage. Un panier aux œufs F, isolé de l'enveloppe double G, remplie de ouate pour éviter tout refroidissement; enfin un couvercle ouaté également. La lampe à esprit de vin, bien plus régulière que la lampe à huile, est placée sous le vase d'eau et réglée de hauteur pour entretenir dans le panier la température nécessaire de 39° donnée par un thermomètre qui plonge au milieu des œufs, et dont la tige sort au dehors. Un régulateur du feu, reposant sur le principe de la dilatation de l'eau, consiste en un flotteur creux, lié par une chaînette à un registre qui ouvre ou ferme l'arrivée de l'air nécessaire à la combustion de la lampe. Quand l'eau est trop chaude, la dilatation fait monter le flotteur et fermant toute arrivée d'air, ralentit la combustion de la lampe. Il ouvre, au contraire, cette arrivée, et active la combustion quand l'eau, en se refroidissant, fait baisser le flotteur. La mèche de la lampe est coupée soir et matin, et on vérifie de temps en temps le réglement et la marche du régulateur.



2230.

Dans le couvoir Sorel, les œufs sont enveloppés de toutes parts d'eau chaude en circulation, montant par un tuyau central et redescendant par des tubes latéraux; le tout entouré d'une enveloppe en bois ou en carton. Le régulateur est, sur le principe que nous avons décrit, un récipient renversé, plein d'air, et qui entoure la chaudière centrale. L'excès de température de l'eau, en dilatant l'air, fait monter le récipient qui enveloppe concentriquement la cheminée, ferme les trous latéraux par où s'échappent les produits de la combustion, et ralentit celle-ci, et réciproquement l'active en ouvrant tous les orifices quand la température de l'eau vient à baisser. La sensibilité de ce régulateur est parfaite. Les conditions principales à observer sont l'installation de l'appareil dans un endroit très calme et très isolé. Le choix des œufs, la conduite de l'incubation et les soins à donner aux poussins sont les mêmes que dans le grand appareil. Il faut toujours régler la température de l'appareil avant d'y introduire les œufs.

Mais dans une ferme on ne peut pas organiser l'éducation des poulets, quand ils sont sortis des étuves, comme on le ferait dans une entreprise industrielle. Il faut faire conduire, surveiller et réchauffer tous les poussins comme le font les poules. Celles-ci acceptent difficilement la conduite des poussins qu'elles n'ont pas couvés; les chapons, au contraire, adoptent tous les poussins de tout âge qu'on leur confie, quand on les a dressés et accoutumés à les conduire : ce conducteur est presque toujours facile à leur donner. Un chapon conducteur suffit à 40 ou 50 poussins, et a pour chacun d'eux tous les soins de la mère la plus vigilante. A défaut de chapons conducteurs, on loge les jeunes poulets dans une poussinière portative grillée comme les promenoirs que nous avons décrits, et fermée par un couvercle et dans laquelle on place une mère portative de 0m,50 de longueur, donc la peau de mouton est plus haute à l'entrée qu'au fond pour que les poulets de toutes les tailles y trouvent refuge. Quand la température extérieure est trop froide, on place le soir sous la mère un vase plein d'eau chaude. Les deux bouts de la mère doivent être fermés seulement avec un rideau tombant en flanelle pour éviter que les poulets, en s'y entassant, ne viennent à s'étouffer. Une poussinière de 1 mètre de longueur, 0m,32 de largeur et autant de hauteur, suffit à 50 poussins.

La propagation de ces ingénieuses méthodes contribuera puissamment à multiplier les volailles dans les fermes et les maisons de campagne, et sera une source nouvelle de richesse agricole pour la France.

PH. GROUVELLE.

RELIURE (angl. *bookbinding*, all. *buchbinderei*). Les feuilles, en sortant des mains de l'imprimeur, sont pliées et assemblées par le brocheur. Ce travail est trop simple pour devoir être décrit : la pliure doit être faite avec soin, page sur page, en se guidant pour l'ordre des feuilles d'après la signature (marque de chaque feuille) qui est située au bas de la première page.

Les diverses feuilles cousues et assemblées avec un fil, recouvertes d'une couverture imprimée, sont dites

Digitized by Google

brochées, et se vendent habituellement en cet état.

Le relieur commence son travail en coupant et enlevant les fils qui ont servi au brochage pour assembler les feuilles, et commence la série de ses opérations, que nous allons passer en revue.

Battre le livre. C'est sur un bloc de pierre ou de marbre d'environ $0^m,80$ de haut sur $0^m,40$ à $0^m,50$ en carré, qu'on désigne sous le nom de *pierre à battre*, qu'on bat les livres. La pierre de liais est préférable au marbre; elle a le grain très fin et lisse moins le papier. Sa surface doit être très unie et horizontale.

Le marteau du relieur est une masse de fer dont la tête est large et carrée, de $0^m,10$ environ de côté. Les vives arêtes sont arrondies, afin que les batteurs ne soient pas exposés à couper les feuilles. La surface de la tête est un peu convexe : les relieurs désignent cette convexité par ces mots : *donner de la panse au marteau*. Le manche est court et gros; il est assez élevé pour que les doigts du batteur ne puissent jamais toucher la pierre, afin d'éviter qu'il ne se blesse. Le marteau avec son manche pèse environ 5 kilogrammes.

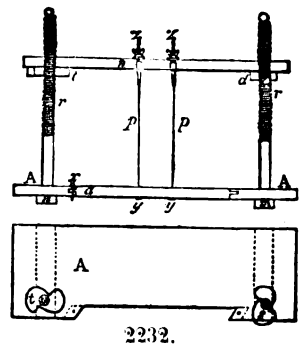
L'adresse est plus nécessaire que la force pour battre. Il suffit d'avoir la force pour soulever le marteau; on le laisse ensuite retomber par son propre poids, bien parallèlement à la surface de la pierre. L'ouvrier tient la *battée* d'une main et le marteau de l'autre. Le premier coup de marteau se donne au milieu de la feuille, le second et les suivants se donnent en tirant la battée à soi, mais de manière que le coup qui suit tombe sur le coup qui précède au tiers de sa distance, afin que le coup suivant couvre des deux tiers le coup précédent, et d'éviter par là de faire des bosses qu'on appelle *noix*. On tire toujours la battée vers soi, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à l'extrémité la plus éloignée du coup. Alors on tourne la battée entière du haut en bas, et l'on frappe du même côté, en commençant à couvrir des deux tiers le premier coup qu'on a donné, et on continue de même avec les mêmes précautions.

Grecquer. Faire des entailles sur le dos du volume, à l'aide d'une scie à main, dans le but d'y cacher la ficelle qui sert à soutenir la couture, cela s'appelle *grecquer*. Après avoir bailotté le volume par le dos et par la tête, afin de bien égaliser les cahiers, l'ouvrier le place entre deux *membrures*, qui sont des ais plus épais d'un côté que de l'autre, de manière que le volume sorte de 6 à 8 millim., il le place dans la presse et le serre très légèrement. Comme les membrures sont plus épaisses du côté du dos que du côté de la tranche, elles serrent davantage le dos et tiennent le volume mieux assujetti. Ensuite il fait, avec la scie, des entailles d'une profondeur égale au diamètre de la ficelle; il donne autant de coups de scie, également espacés entre eux, qu'on doit mettre de ficelles. Au-dessus de la première *grecque*, et au-dessous de la dernière, il donne un léger coup de scie pour loger la *chatnette*.

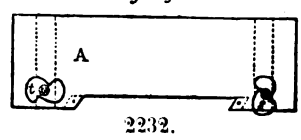
Coudre. Quand le volume est *grecqué*, on prépare les *onglets* ou *sauve-gardes*. Ce sont deux bandes de papier blanc, de la longueur du volume, pliées par le milieu de leur longueur, et cousues dans le pli. Elles servent à garantir les *gardes* pendant le travail; on les enlève quand le volume est presque terminé; on les place au commencement et à la fin de chaque volume.

La couture se fait sur un métier qu'on nomme *cousoir*, et qui est représenté en plan fig. 2232 et en élévation fig. 2231; la table A du métier porte deux vis verticales *r*, *r*, munies d'écrous *t*, *d*, servant à fixer à une hauteur convenable la barre *n*, percée en son milieu d'une rainure à travers laquelle passent les ficelles *p*, *p*, auxquelles on attache les feuilles par le dos; ces ficelles, arrêtées à leur partie inférieure par la pièce *a*, fixée par le devant de la table A par une cheville *x*, sont tendues par les écrous à oreilles *z*, *z*. L'intervalle des ficelles doit être égal à celui des traits de scie du grecquage.

2231.



2232.



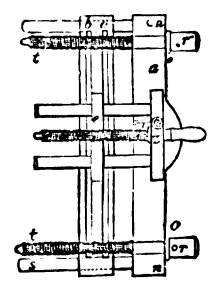
Endossement. On endosse tout à la fois un tas composé de huit à dix volumes. On place sur le bord de la presse d'abord une *membrure*, puis un *ais*, le volume, un autre *ais*, le volume, et ainsi de suite, et l'on termine par un *ais* et une autre *membrure*. L'ouvrier prend le tas des deux mains, de manière que les dos soient tournés vers lui; il le met en presse et le serre légèrement.

A l'aide d'un ais qu'il tient à la main, il dresse les ais et les volumes dans une même direction, et élève ou abaisse les volumes, pour que les dos soient tous à la même hauteur; les ais ne doivent pas déborder les cartons vers le mors. Avec le *poinçon à endosser*, il élève ou abaisse les feuilles. Le même outil lui sert à ramener les cartons à la même hauteur, et les ais à la hauteur des cartons.

L'ouvrier serre fortement le tas avec une bonne ficelle à endosser, de deux lignes de diamètre, et arrête la ficelle en la dirigeant contre la membrure sous le dernier tour de la ficelle. Avant de sortir le tas de presse, il arrondit bien le dos, l'encolle, le gratte pour faire pénétrer la colle, le lisse, colle dessus une bande de papier et laisse sécher.

Rognure. Le volume étant fortement pressé dans une presse en bois *a n*, on coupe les tranches à l'aide du *rognoir* (fig. 2233). Il est composé d'une lame d'acier dont la pointe est triangulaire et très coupante : cette lame est engagée dans une monture en bois *z* qui est creusée d'un côté en une rainure droite *e* : on fait entrer cette rainure dans une règle qui est fixée sur le bord d'une des jumelles *b c* de la presse *a n*, en sorte que cette monture peut glisser très librement et en ligne droite le long de la presse, et que la pointe du couteau se promène ainsi en direction rectiligne, coupant tout ce qu'on lui présente. La lame est tenue à une vis en bois qui la fait avancer à volonté. Ainsi on allongera peu à peu la lame sans la déranger de sa direction, et elle atteindra successivement les feuilles du livre, de manière à enlever tout ce qui dépasse le plan qu'elle décrit.

2233.

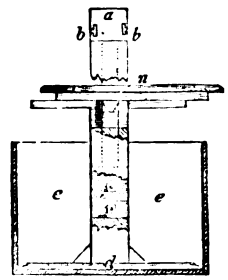


M. Oldham, imprimeur de la banque d'Angleterre, a inventé une machine pour couper les tranches des livres, bank-notes, etc., carrément ou polygonalement avec une précision mathématique, qui mérite une description succincte. Les fig. 2234 et 2235 représentent deux coupes à angle droit de cette machine. *a*, est la barre munie de rainures latérales *b*,*b*, qui relie les montants verticaux *c*,*c*, lesquels reposent sur les bases *d*,*d*. La presse est placée dans une caisse *e*,*e*, qui reçoit les rognures. La figure 2236 est une vue en dessus de cette presse. Dans les montants *c*,*c*, sont pratiquées des rainures verticales dans lesquelles glissent des appendices fixés au plateau supérieur mobile *f*,*f*, de la presse. Au-dessous de cette pièce se trouve une boîte

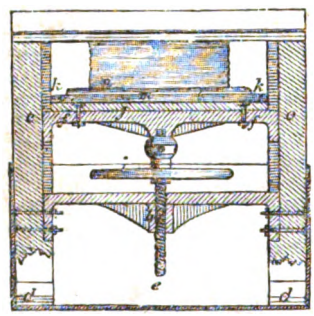
Digitized by Google

à prisonnier *o* dans laquelle passe la vis de pression *g*, qui traverse *a* écrou par son autre extrémité le plateau fixe *h* de la presse, lequel est solidement fixé aux montants *c*, *c*. La tête de la vis *g* porte un volant *i* qui sert à la mouvoir, ainsi que des trous dans lesquels on peut introduire un levier pour le même usage. Sur la pièce de fonte *f*, *f*, est boulonnée la plaque *j* qui porte des rebords *k*, *k*, entre lesquels on peut faire glisser une autre plaque *l* (figures 2235 et 2237); au milieu de cette dernière et parallèlement aux rebords *k*, *k*, se trouve une languette *m* qui remplit une rainure pratiquée dans la plaque *l*, comme l'indique d'ailleurs la fig. 2238. Au milieu de la plaque *l* se trouve en outre une cheville ouvrière qui traverse une plaque circulaire *n*, sur laquelle se pose l'objet à rogner, avec interposition d'un carton. Cette pièce circulaire porte sur sa circonférence des divisions que l'on peut amener à correspondre avec un repère fixé sur la plaque *l*. De cette manière on voit que l'objet à rogner peut tourner sur la cheville ouvrière de la plaque *n*, et le tout recevoir un mouvement de translation horizontal parallèle aux rebords *k*, *k*, qui sont également divisés.

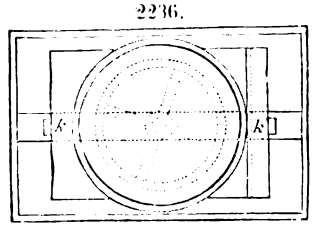
2234.



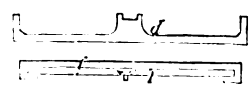
2235.



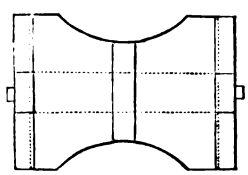
2236.



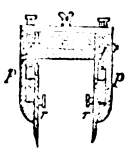
2237.



2238.



Le rognoir (fig. 2239) reçoit deux couteaux *r*, *r*; il se compose d'une partie supérieure *o*, de la largeur de la barre *a*, sur laquelle sont boulonnés latéralement les deux porte-lames *p*, *p*. La fig. 2239 indique la manière dont on fait monter et descendre les couteaux *r*, *r* (fig. 2239, 2241 et 2242); ceux-ci sont fixés à des écrous dans lesquels se meuvent des vis dont les têtes portent des roues dentées *t*, *t* (fig. 2243), que l'on

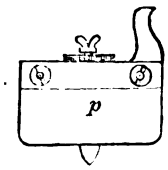


2239.

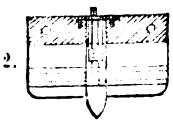


2240.

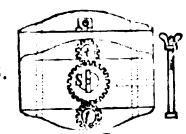
2241.



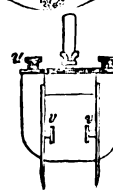
2242.



2243.



2244.



pent faire mouvoir au moyen d'une roue intermédiaire *s*. C'est en faisant tourner cette roue qu'on fait monter ou descendre les couteaux. La fig. 2240 représente la disposition d'une des vis *t*, et montre comment, en soulevant le manchon *u*, qui forme sa tête, on peut débrayer l'un des couteaux. La fig. 2244 est une élévation du rognoir correspondante à la coupe (fig. 2239). Les appendices *v*, *v*, qu'on y voit, sont destinés à entrer dans les rainures *b*, *b* de la pièce *a* et à assurer ainsi la régularité du mouvement du rognoir. Avec cette machine un seul ouvrier peut rogner 30,000 bank-notes par heure.

Le livre étant rogné, les cartons qui ont été assemblés à l'extrémité des ficelles qui réunissent les feuilles sont coupés à la longueur convenable; on applique avec de la colle de pâte les papiers, les étoffes, les peaux qui doivent servir d'ornement. Il ne reste plus qu'à coller les gardes pour terminer le travail du relieur proprement dit. Nous avons donné à l'article DORURE les procédés employés pour la dorure des tranches et la dorure sur cuir, opérations qui viennent s'ajouter fréquemment au travail du relieur.

RESINES. Les résines sont des corps d'origine organique, blancs ou jaunâtres, transparents, solides à froid, fusibles à chaud, mais moins que la cire; ils sont inflammables par l'approche d'un corps en ignition, en répandant beaucoup de noir de fumée; s'électrisant négativement avec une grande facilité par le frottement; ils sont plus ou moins odorants, insipides ou âcres, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, l'éther et les huiles essentielles. On donne souvent le nom de résines à des matières qui s'en rapprochent beaucoup par leurs caractères et que nous avons décrites aux articles BAUMES et GOMMES-RÉSINES; quant aux résines proprement dites, elles sont traitées, dans cet ouvrage, au nom de chacune d'elles en particulier. Voyez TÉRÉBENTHINE, etc.

RÉSISTANCE. La résistance est l'effort opposé à la production de l'effet que tendent à produire les forces que l'on appelle puissances.

L'étude de la réaction des résistances contre les puissances constitue presque toute la mécanique; ce n'est pas ce que nous voulons traiter dans cet article, mais seulement la nature des réactions qui résultent de la constitution intime des corps soumis à l'action des faces.

La matière se révèle à nous par deux propriétés fondamentales :

1° L'étendue à laquelle s'appliquent les sciences géométriques;

2° La résistance que présente un corps au toucher, ou, ce qu'on définit plus souvent, l'impénétrabilité, c'est-à-dire le fait qu'aucun corps ne peut pénétrer dans le lieu qu'occupe la matière, abstraction faite bien entendu des vides qui se trouvent dans un corps donné. Ainsi, quand un corps diminue de volume par la compression, ce n'est pas que les molécules rentrent les unes dans les autres, mais bien qu'elles se rapprochent les unes des autres.

Digitized by Google

Les molécules dont se composent les corps peuvent avoir entre elles trois relations :

1° Être réunies par une force nommée adhérence, force de cohésion, qui constitue les corps solides;

2° N'être soumises à aucune force mutuelle, ou plutôt, être telles que la force de cohésion soit complétement annulée par une autre force, la répulsion du calorique, ce qui constitue les corps liquides;

3° Enfin les molécules peuvent se repousser mutuellement, ce qui constitue les corps gazeux.

Ces trois cas différents sont le résultat de deux forces, la force d'attraction, qui tend à réunir les molécules; et le calorique, qui tend, comme nous venons de le dire, à dilater les corps, à faire que les molécules se repoussent. Les trois cas correspondent donc à la prépondérance de l'attraction sur la répulsion, à l'équilibre, à la prépondérance de la répulsion sur l'attraction, c'est-à-dire aux solides, aux liquides, et aux fluides élastiques.

RÉSISTANCE DES CORPS SOLIDES. — *Leur structure.*

Les molécules des corps ayant les unes sur les autres des attractions mutuelles, ont une tendance à se grouper dans un certain ordre régulier, comme on le voit dans les cristaux, que présentent les corps qui peuvent se former librement sous l'influence des seules forces attractives des molécules. Le corps ainsi formé présente, dans des sens différents, des résistances variables. On sait l'application que fait le lapidaire de cette propriété pour tailler les diamants suivant les plans de clivage.

Si, au contraire, le corps est formé sous l'influence de forces qui contrarient les effets de la force d'attraction, les molécules ne peuvent plus prendre la disposition résultant de la nature même du corps; elles se trouvent généralement alors dans un état de cristallisation incomplète qui les fait considérer par les physiciens comme des corps imparfaits, comme dans un état d'équilibre indéterminé, ce qui rend difficile l'établissement des lois mathématiques qui régissent les phénomènes.

Dans les corps organisés, la force vitale, sous l'influence de laquelle ils se développent, fait naître et disposer les éléments dont ils se composent dans l'ordre déterminé par les organes producteurs. Dans les bois, par exemple, les molécules sont disposées en filets rangés les uns à côté des autres, en cylindres.

On voit donc qu'il est deux éléments importants à étudier dans un corps soumis aux actions mécaniques : 1° sa nature intime, chimique; 2° la manière dont il a été formé. Ainsi, un morceau de fer laminé, forgé ou étiré, aura une moins grande cohésion au centre que sur les bords, ou s'est exercée l'action de compression qui a augmenté la cohésion. La résistance de petits barreaux dont la somme des sections sera égale à celle d'un plus gros, sera donc plus grande que celle de ce barreau.

Une pièce de bois étant formée de fibres parallèles, la ténacité et l'élasticité seront bien plus grandes dans le sens des fibres que par le travers.

M. Savart est parvenu à prouver que, même dans un corps fondu, le plomb par exemple, il se passe des phénomènes analogues, qu'il a prouvé résulter de l'arrangement symétrique que tendent toujours à prendre les molécules dans l'acte du refroidissement lent. Elle est d'autant moins sensible que le corps est moins capable de cristalliser, et composé de parties hétérogènes qui ne peuvent se combiner chimiquement, comme la cire à cacheter, la craie, le laiton, comparativement à d'autres alliages.

Enfin, il a prouvé que l'état moléculaire des corps imparfaits pouvait se modifier d'une manière extrêmement lente avec le temps et sans qu'il s'en manifestât aucune trace appréciable par les moyens d'observation ordinaires. On conçoit combien on doit attacher d'importance à une semblable observation qui fait que la ténacité d'un corps diminue ainsi sans qu'on puisse s'en apercevoir. Il est admis aujourd'hui que le fer d'un essieu, par exemple, soumis à des chocs répétés peut passer de l'état fibreux à l'état cristallin, et par suite cet essieu rompre (car les corps cristallisés ont toujours peu d'adhérence), bien qu'il ait eu primitivement une force plus que suffisante. C'est en partie pour éviter cet effet qu'on forme les essieux avec des fers corroyés et soudés les uns sur les autres, qui offrent l'avantage non seulement de donner primitivement l'état fibreux au fer dans toute la masse, mais encore de rendre la modification dont nous venons de parler plus difficile en composant le corps de parties de densités différentes par des compressions répétées aux surfaces de jonction, qui empêchent cet effet de mouvement moléculaire de se propager facilement de proche en proche, sous l'influence des causes mal connues qui déterminent cet effet.

C'est par ce même principe qu'on comprend comment il se fait que des pièces forgées par des ouvriers différents ont souvent des résistances bien différentes par le fait d'un rangement plus ou moins régulier des molécules, et qu'il ne saurait être indifférent de comprimer un corps d'une manière quelconque pour lui donner une force voulue.

C'est par une considération de nature analogue que peut s'expliquer l'action du diamant pour couper le verre. Le verre étant un corps refroidi par la surface, sa grande résistance est sur les deux faces extérieures; la première étant rayée, s'il se fait une action qui tende à ouvrir cette raie, le verre se cassera suivant cette ligne avec une grande régularité.

On doit classer les forces qui agissent sur les corps solides en deux classes, relativement à ces corps :

I. Les forces qui dépassent la limite d'élasticité. Sous leur influence, les corps peuvent :

1° Se désagréger. C'est sur cette propriété que sont fondés les appareils de pulvérisation, de broyage en tous genres. Ces actions ont déjà été étudiées à l'article BROYAGE.

2° Prendre une autre forme, propriété infiniment précieuse, et sur laquelle reposent en grande partie les arts dans lesquels on travaille les métaux. On distingue la malléabilité qui s'entend de la propriété d'un corps à s'étendre sous le marteau sans se désagréger, et la ductilité ou la facilité à se tirer à la filière. Cette deuxième propriété dépend évidemment à la fois de la malléabilité et de la ténacité du corps pour qu'il ne se rompe pas en s'étirant à la filière.

Nous avons donné, aux articles DUCTILITÉ, MALLÉABILITÉ, l'ordre dans lequel les métaux doivent être rangés relativement à ces propriétés qui déterminent, la plupart du temps, la préférence de tels ou tels métaux pour un travail déterminé. Ainsi le cuivre rouge, à cause de son extrême malléabilité, et malgré son prix assez élevé, est employé de préférence pour les produits qui doivent être obtenus par les méthodes du travail au marteau, de retreinte, analogues au travail de la chaudronnerie.

II. Celles qui restent dans les limites de l'élasticité. Après leur disparition, le corps reprend sa forme primitive.

C'est dans ces conditions que les matériaux doivent être employés dans les constructions. Le but n'est plus de modifier les formes des corps, mais au contraire d'employer ceux-ci sans qu'ils puissent se déformer ni céder aux actions qui s'exercent sur eux. La valeur de la résistance des divers corps aux actions qu'ils doivent supporter doit donc être étudiée avec soin, puisque de cette connaissance on déduira les limites des dimensions à donner aux matériaux pour obtenir la certitude de bons résultats.

De la ténacité et de l'élasticité. De la force de cohésion

Digitized by Google

qui réunit les molécules des corps solides, dépend la grandeur de la ténacité des corps, mesurée par la valeur de la force nécessaire pour les rompre, et aussi la grandeur de la force nécessaire pour exercer une action de compression. En exerçant ces actions sur un corps solide, il se présente un phénomène nouveau d'une importance extrême dans les arts, c'est que si la traction ou la compression ne dépasse pas une certaine limite, l'augmentation ou la diminution de volume, le changement de forme, n'a rien de permanent, et le corps reprend son volume primitif quand l'action perturbatrice vient à cesser. C'est cette propriété qu'on appelle *élasticité*, c'est-à-dire que dans ce cas la force de cohésion qui s'exerce à certaines distances reprend son effet dès que la cause accidentelle ne se fait plus sentir. La limite d'élasticité au-delà de laquelle cet effet ne peut plus avoir lieu est une quantité variable pour chaque corps. Ainsi, les corps élastiques proprement dits, le caoutchouc, par exemple, peuvent éprouver de très grandes flexions ou extensions sans cesser de revenir à leur forme primitive.

L'élasticité, qui n'est que la résistance de la force de cohésion dans les limites, où elle peut continuer à s'exercer, dépend moins cependant de la valeur absolue de la force de cohésion que de la sphère d'action de cette force, qui dépend elle-même probablement des dimensions des molécules élémentaires; lesquelles sont différentes pour les divers corps. Toute la théorie de la chimie est fondée sur la certitude de la différence de volume des atomes, qui forment les molécules ou les groupes de molécules entre lesquels s'exercent les actions physiques de la cohésion.

On peut admettre que, lorsque par suite d'une action de compression ou de traction extérieure, l'élasticité de l'ensemble des molécules se trouve altérée, c'est que plusieurs d'entr'elles sont arrivées à la limite d'écartement où la force de cohésion peut s'exercer pour les ramener à leur première position ; le corps s'est en quelque sorte rompu dans certaines régions, bien qu'on n'en aperçoive aucune trace extérieure, et des forces attractives se trouvant annulées, le corps ne peut reprendre sa forme. Remarquons de plus que les molécules primitives ne doivent pas être considérées comme sphériques, mais bien comme ayant les formes indiquées par les cristallisations mêmes du corps, qui, comme l'a prouvé Haüy, résultent de cristallisations élémentaires de même ordre. Les molécules agissent donc par des pôles, de sorte que l'élasticité dépend aussi de la disposition des molécules. Cette différence de structure est clairement démontrée par les diverses duretés des corps différents qui ne sont nullement en rapport avec les densités, comme cela devrait être si cette disposition n'existait pas.

Le nombre des phénomènes auxquels s'appliquent, dans l'industrie, les considérations qui précèdent, est immense. Ne pouvant y consacrer, dans cet ouvrage, une place suffisante, nous renverrons nos lecteurs qui voudront approfondir ce sujet à l'admirable ouvrage de M. Poncelet (Introduction à la mécanique), où toutes les questions que nous allons passer en revue sont traitées aussi complétement que le permet l'état actuel de la science.

Résistances des prismes aux allongements, à la compression, à la rupture. On admet généralement pour ces actions :

1° Que la résistance d'une barre est indépendante de sa longueur absolue et proportionnelle à l'aire A de sa section par un plan perpendiculaire à sa longueur;

2° Que les allongements sont proportionnels à la longueur de la barre, c'est-à-dire que l'allongement d'une barre de deux mètres sera double de l'allongement d'une barre d'un mètre ;

3° Enfin que la réaction élastique a pour mesure le rapport des charges aux allongements très petits, qui correspondent aux premiers déplacements des molécules, **avant que** l'élasticité puisse être en rien altérée, c'est-à-dire par l'effet produit pour l'unité de poids. C'est de cette charge que se déduit pour chaque corps le coefficient, le module d'élasticité. Nous allons en voir la valeur :

Appelons $i = \frac{l}{L}$ l'allongement par mètre (l est l'allongement pour la longueur L), E étant la résistance élastique pour l'unité de surface des sections de la barre, le millimètre carré, la résistance élastique totale sera donc mesurée par $E \times A$, A étant la section de la barre, ou, comme nous venons de le dire, P étant la charge, par $\frac{P}{i} = P\frac{L}{l}$; donc $E \times A = \frac{P}{i}$, $P = E\,A\,i$ kil., ou $E = \frac{P}{A\,i}$. Si A est égal à l'unité, le coefficient $E = \frac{PL}{l}$ deviendrait égal à P si $l = L$, c'est-à-dire égal au poids qui serait nécessaire pour produire un allongement égal à la longueur primitive. Si, au lieu de forces de traction, on appliquait des forces tendant à comprimer le corps, les allongements l et i se changeraient en raccourcissements, et les raisonnements demeureraient les mêmes. La quantité E aurait aussi la même valeur, mais qui ne doit être considérée comme exacte que pour des allongements ou raccourcissements supposés très petits.

M. Poncelet a formé le tableau suivant, p. 3197, qui donne pour les matériaux les valeurs moyennes de E (coefficient d'élasticité), ainsi que celles de i et de P, correspondant à la limite d'élasticité des corps, c'est-à-dire que, pour des allongements ou des charges plus considérables, le corps est déformé, les molécules ne reviennent plus à leur position primitive.

A l'aide de ce tableau et de la loi posée au commencement de cet article, on déterminera facilement l'allongement d'un corps du tableau, de section et longueur données, soumis à une charge aussi donnée.

En pratique, il convient de ne soumettre les pièces qu'à des charges permanentes qui ne dépassent pas la moitié de celles correspondant à la limite d'élasticité; on ne devra dépasser cette moitié que pour les cas de constructions non permanentes, et non soumises à des efforts longtemps prolongés ; et il ne convient, dans aucun cas, que les charges dépassent les 3/4 de celles correspondant à cette limite. Il importe toutes les fois que cela est possible, de faire usage de cette règle pour déterminer les dimensions des pièces de construction.

Contraction et dilatation latérale des prismes. Quand on exerce sur les corps un effort qui tend à les allonger ou à les raccourcir, il s'en faut de beaucoup que les sections transversales de ces corps demeurent constantes ; en réalité, dans le premier cas le prisme va en se rétrécissant de plus en plus à partir des extrémités, et en se gonflant dans le second. Ces effets se manifestent d'une manière très apparente pour les prismes fort courts et des substances plus ou moins molles.

Dans la pratique, on on n'emploie en général que des prismes dans lesquels la longueur est fort grande relativement aux autres dimensions, et qui sont doués d'une grande ténacité, tels que les bois, les pierres, les métaux ; cet effet n'est pas sensible tant qu'on demeure dans les limites d'élasticité pour lesquelles les molécules conservent la faculté de revenir à leurs positions primitives.

Si l'on appelle a la diminution de la section A, le calcul fournit la relation $\frac{a}{A} = 1/2\,i = 1/2\,\frac{l}{L}$, relation qui a été vérifiée par un appareil dû à M. Cagniard de Latour, qui lui a permis de déterminer à la fois les va-

Digitized by Google

DÉSIGNATION DES CORPS.	VALEUR DE i.	VALEUR de E pour 1 millim. carré de section.	VALEUR de P pour 1 millim. carré de section.
	m.	kil.	kil.
Chêne.	$\frac{1}{600}=0,00167$	2,00	1200
Sapin jaune ou blanc.	$\frac{1}{850}=0,00117$	2,17	1300
Sapin rouge ou pin	$\frac{1}{470}=0,00210$	3,15	1500
Mélèze ou larix. .	$\frac{1}{520}=0,00192$	1,73	900
Hêtre rouge. . . .	$\frac{1}{570}=0,00175$	1,63	930
Frêne.	$\frac{1}{883}=0,00113$	1,27	1120
Orme.	$\frac{1}{414}=0,00242$	2,35	970
Fers doux passés à la filière, de petites dimensions.	$\frac{1}{1250}=0,00080$	14,75	18000
Fers en barres. .	$\frac{1}{1520}=0,00066$	12,205	20000
Acier d'Allemagne, très bonne qualité, recuit à l'huile.	$\frac{1}{833}=0,00120$	25,00	21000
Acier fondu très fin, trempé, recuit à l'huile. . .	$\frac{1}{4500}=0,000222$	66,00	30000
Fonte de fer à grains fins. . . .	$\frac{1}{1200}=0,00083$	10,00	12000
Fils de cuivre. . .	»	»	13400
Fils de laiton, recuits.	$\frac{1}{742}=0,00135$	15,00	10000
Laiton fondu. . .	$\frac{1}{1320}=0,00076$	4,80	6450
Bronze de canon fondu.	$\frac{1}{1590}=0,00063$	2,06	3200
Fil de plomb de coupelle, étiré à froid, de 4 mill. de diamètre. . .	$\frac{1}{1490}=0,00067$	0,40	600
Fil de plomb impur du commerce, étiré à froid, de 6 mill. de diamètre.	$\frac{1}{2000}=0,00050$	0,40	800
Plomb fondu ordinaire.	$\frac{1}{477}=0,00210$	1,00	500

riations de volume au moyen du niveau du liquide qui remplit un vase dans lequel est plongée la barre sur laquelle l'effort est exercé, et les allongements de la barre au moyen d'une observation directe sur le fil.

Résistance des prismes à la rupture; force absolue de ténacité. Si l'on fait supporter à un corps la charge d'un poids croissant, si f est la résistance pour l'unité de surface, on aura pour le poids qui pourra produire la rupture $R = Af$, ce qui permettra de déterminer R pour les divers corps employés dans l'industrie.

Pour les corps mous qui s'effilent avant de se rompre, cette mesure ne sera guère que la mesure de l'adhérence qu'ont entre elles les molécules de ce corps pour commencer l'allongement qui, une fois commencé, déterminera évidemment la rupture par traction sous la même charge, tandis que la résistance à l'écrasement ira en croissant par l'effet de l'écrouissage et de l'augmentation de la partie transversale.

Rupture par extension.

Les résistances du tableau suivant, p. 3198, sont déterminées à la température ordinaire; elles décroissent rapidement avec l'accroissement de température.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	VALEUR DE f pour 1 centimètre carré de section.
1° BOIS.	kil.
Chêne, dans le sens des fibres. . . .	600 à 800
Tremble id.	600 à 700
Sapin id.	800 à 900
Frêne id.	1200
Orme id.	1040
Hêtre id.	800
2° MÉTAUX.	
Fer forgé ou étiré en barres. . — Le plus fort, de petit échantillon.	6000
Fer forgé ou étiré en barres. . — Le plus faible, de gros échantillon.	2500
Fer forgé ou étiré en barres. . — Moyen.	4000
Fer en tôle laminé. . — Tiré dans le sens du laminage (Navier). . . .	4100
Fer en tôle laminé. . — Tiré dans le sens perpendiculaire (Navier). . .	3600
Fer, dit *ruban*, très doux.	4500
Fil de fer non recuit. — De Laigle, employé à la carderie, de 0,23 de millimètre de diamètre. .	9000
Fil de fer non recuit. — Le plus fort, de 0,5 à 1,0 mill. de diamètre.	8000
Fil de fer non recuit. — Le plus faible, d'un grand diamètre.	5000
Fil de fer non recuit. — Moyen, de 1 à 3 millim. de diamètre.	6000
Fils de fer en faisceau ou câble (M. Bornet).	3000
Chaînes en fer doux. — Ordinaires à maillons oblongs.	2400
Chaînes en fer doux. — Renforcés par des étançons.	3200
Fonte de fer grise. . — La plus forte, coulée verticalement.	1350
Fonte de fer grise. . — La plus faible, coulée horizontalement. . . .	1250
Acier moyen.	7500
Bronze de canons, moyennement. . . .	2300
Cuivre rouge laminé, dans le sens de la longueur (Navier).	2100
Cuivre rouge en fil, non recuit, moyen, de 1 à 2 millim. de diamètre. . . .	5000
Cuivre jaune (laiton) en fil non recuit, moyen, de plus de 1 millim. de diamètre (Ardant et Dufour).	5000
Fil de platine écroui, non recuit, de 0,127 de mill. de diam. (Baudrimont).	11600
Fil de platine recuit, d'après la mesure directe du diamètre.	3400
Étain fondu (Rennie).	300
Zinc fondu.	600
Zinc laminé.	500
Plomb fondu (Rennie).	128
Plomb laminé (Navier).	135
Fil de plomb de coupelle, fondu, puis passé à la filière, ayant 4 millim. de diamètre (Ardant).	136
3° CORDES.	
Aussières et grelins en chanvre de Strasbourg, de 13 à 17 mill. de diamètre.	880
Aussières et grelins en chanvre de Lorraine, de 13 à 17 millim.	650
Aussières et grelins en chanvre de Lorraine et de Strasbourg, de 23 millim.	600

Digitized by Google

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	VALEUR DE R pour 1 centimètre carré de section.
4° MATIÈRES DIVERSES.	kil.
Verre et cristal, en tubes ou tiges pleines.	248
Pierres. Basalte d'Auvergne.	77,00
Pierres. Calcaire de Portland.	60,00
Pierres. Blanche d'un grain fin et homogène.	14,4
Briques ordinaires, faibles.	8,0
Plâtre gâché, fabriqué à la manière ordinaire.	4,0
Mortier. En chaux grasse et sable, âgé de 14 ans.	4,2
Mortier. En chaux grasse, mauvais.	0,75
Mortier. En chaux hydraulique ordinaire et sable.	9,00
Mortier. En chaux éminemment hydraulique.	15,00
Mortier. De ciment de Pouilly et sable (parties égales), après un an de durcissement dans l'air ou dans l'eau.	9,6

Les métaux qui se sont allongés par l'effet des charges ne reprennent pas leurs dimensions primitives après la rupture, parce que l'altération qui a lieu au point de rupture a lieu aussi dans des parties voisines. Cette altération a lieu même sans la rupture. De là les dangers des essais, qui souvent altèrent le métal soumis à l'essai et le rendent impropre à l'usage pour lequel on croit le reconnaître très convenable.

Des fers doux et fers durs. Les premiers résistent beaucoup plus, mais s'allongent, tandis que les seconds gardent leur longueur jusqu'à leur rupture. Quand plusieurs fils doivent porter en même temps les deuxièmes paraissent donc préférables; c'est l'opinion de plusieurs auteurs sur les ponts suspendus, tandis que d'autres préfèrent les fers doux dont la résistance est bien plus grande, et pour lesquels l'entretien peut corriger l'inconvénient des allongements successifs. Le fer doux s'allonge de 0,10 à 0,27 de sa largeur primitive; avant de se rompre, sa section se réduit de 0,5 à 0,7, et sa densité à 0,99 de ce qu'elles étaient primitivement. Ces effets diminuent avec la longueur et l'accroissement de la section des barres.

L'acier de bonne qualité, recuit, même trempé, peut supporter sans altération d'élasticité les 4/5 de la charge de rupture en s'allongeant de 2 à 3 millièmes.

Résistance des métaux à l'écrasement. On doit distinguer deux classes de métaux :

1° Les métaux durs, la fonte de fer, l'acier, l'airain, qui ne se compriment que de quantités insensibles avant de se briser en fragments plus ou moins gros; leur résistance à la compression doit être analogue à celle des pierres, comme leur nature les en rapproche. C'est ainsi qu'un boulet en fonte tiré contre un obstacle revêtu de fer, se sépare en une pyramide ayant pour base la partie antérieure, et des segments qui glissent sur les faces de celle-ci (voir PROJECTILES);

2° Les métaux ductiles plus ou moins mous qui se déforment avec une extrême lenteur, dont les dépressions sont considérables, et qui suivent des lois toutes particulières.

Les expériences faites sur les écrasements des métaux sont fort difficiles, par la raison que la pièce se courbe ou s'écrase par le pied sous l'effort de la charge, ce qui complique la question.

Le fer forgé commence à se comprimer sous une charge de 4.945 kil. par centimètre carré de section, et il fléchit avant l'écrasement quand la longueur de la pièce dépasse le triple de la plus petite dimension de la section transversale.

La fonte s'écrase sous une charge de 10.000 kil. par centimètre carré de section transversale, et elle ne fléchit avant de s'écraser que quand la longueur de la pièce dépasse dix fois la plus petite dimension de la section transversale; jusqu'à cette limite la résistance reste à peu près constante.

La charge permanente ne doit pas dépasser 1/4 à 1/5e de la charge de rupture

Influence de la durée de la compression ou de l'extension sur la résistance des corps. Les molécules des corps soumis à une action de compression ou d'extension ne reprennent pas immédiatement le nouvel état d'équilibre qui leur convient, et la réaction ne se produit souvent que quand l'action n'a duré qu'un certain temps. Ainsi, un ressort tendu pendant un long espace de temps finit souvent par perdre de la force, et, sous l'influence de cette action constante, l'état d'équilibre qui s'établit change la nature même du corps.

Une expérience que chacun a pu faire, c'est que des lames minces d'acier, de verre, placées dans des positions inclinées, se plient plus ou moins sous leur propre poids, sans qu'elles se redressent quand on leur rend la position verticale, comme il eût été si l'action avait duré peu de temps.

Dans les expériences dont les résultats doivent être appliqués aux constructions, il importe donc beaucoup de mettre un intervalle suffisant entre les variations d'action qu'on fait subir aux corps; et dans la pratique on préfère, avec raison, partir des constructions existantes pour calculer ce qu'on doit faire, d'autant plus que les pierres, les bois, sont soumis à des actions physiques qui peuvent les altérer indépendamment des actions mécaniques, et que le constructeur doit se préoccuper à la fois de ces divers éléments.

En comparant les charges portées par les matériaux dans les constructions les mieux faites, ou quand on a besoin d'agir sur de nouveaux matériaux, comme cela s'est vu dans l'application moderne du fer aux constructions et dans l'établissement des puissantes machines, on admet que l'on peut sans inconvénient atteindre la limite où l'élasticité des matériaux cesse d'être parfaite. C'est le point où il peut se faire dans le corps des dérangements moléculaires qui pourraient alterer ses résistances, et où par suite on doit s'arrêter.

Résistance des pierres, briques, etc.

Écrasement. Les pierres les plus dures cèdent peu à la pression, puis se divisent tout à coup avec éclat en lames ou aiguilles de faible résistance; les plus tendres se partagent en pyramides, ayant pour base les faces supérieures et inférieures et leur sommet près du centre, qui tendent à chasser au dehors les parties latérales comprises entre elles. Ces parties se réduisent en aiguilles et en petits prismes, mais la cohésion des molécules est presque totalement détruite dès que les pierres commencent à se fendiller. C'est donc à ce point seulement que devrait être fixée la limite à atteindre, et ce phénomène a lieu à un peu plus de moitié des charges produisant l'écrasement.

Résistances des massifs en pierres. Quand plusieurs pierres sont assemblées (ce qui ne doit avoir lieu que par des surfaces plus ou moins droites), la résistance se trouve beaucoup diminuée, d'autant qu'on doit éviter tout tassement qui compromettrait la solidité de l'édifice.

Pour trois cubes superposés, Rondelet a trouvé la résistance réduite aux 2/3 environ, effet que diminue l'interposition du mortier, et M. Vicat a trouvé qu'un

Digitized by Google

cube de 3 centimètres de côté perd un 1/6 de sa force quand il est formé avec huit petits cubes, et 1/5 quand il se compose de quatre prismes égaux posés à joints recouverts.

D'après tous ces faits et toutes les imperfections de l'exécution, on fixe les charges permanentes à 1/10 environ des charges qui produisent l'écrasement dans les expériences en petit, et à 1/15 ou 1/10 pour les moellonages ou les supports isolés.

Tableau des charges qui écrasent, après un temps très court, différents corps, par centimètre carré de section. Ces résultats ont été obtenus en opérant sur des cubes ayant de 3 à 5 centimètres de côté.

DÉSIGNATION DES CORPS.	DENSITÉ.	CHARGE.
PIERRES VOLCANIQUES, GRANITIQUES, SILICEUSES ET ARGILEUSES.		kil.
Basalte de Suède et d'Auvergne.	2,95	2000
Lave dure du Vésuve (*piperino*), près Pouzzoles.	2,60	590
Lave tendre de Naples.	1,97	230
Porphyre.	2,87	2470
Granite vert des Vosges.	2,85	620
Granite gris de Bretagne.	2,74	650
Granite de Normandie.	2,66	700
PIERRES CALCAIRES.		
Marbre blanc veiné, statuaire et turquin.	2,69	310
Pierre noire de St-Fortunat, très dure et coquillère.	2,65	630
Pierre ferme de Conflans, employée à Paris.	2,07	90
Calcaire jaune et oolithique de Jaumont, près Metz. 1re qual.	2,20	180
Calcaire jaune et oolithique de Jaumont, près Metz. 2e qual.	2,00	120
Calcaire bleu à gryphites, donnant la chaux hydraulique de Metz (non rompue)	2,60	300
BRIQUES.		
Brique dure, très cuite.	1,56	150
Brique rouge.	2,17	60
Brique rouge-pâle (probablement mal cuite).	2,09	40
Brique de Hammersmith.	»	70
PLATRE ET MORTIER.		
Plâtre gâché à l'eau.	»	50
Mortier en pouzzolane de Naples ou de Rome.	1,46	37

Résistance des bois.

Expériences de Rondelet et Rennie :

		Résistance par millim. carré.
Résistance à l'écrasement.	Chêne de France.	3k,85 à 4k,63
	Sapin —	4k,62 5k,38
	Pin d'Auvergne.	4k,18
	Orme.	0k,90

La résistance des bois étant bien plus régulière que celle des pierres, Rondelet admet que ces nombres peuvent être appliqués aux bois chargés debout, quand la hauteur n'excède pas sept ou huit fois l'épaisseur, mais être réduite aux 5/6 quand la hauteur est douze fois l'épaisseur, et 1/2 quand elle est vingt-quatre fois.

Au-delà il y a flexion transversale, ce qui diminue beaucoup la résistance, et on ne prend plus que 1/10 pour les charges permanentes.

Résistance à l'extension.

		Résistance par millim. carré.
Extension.	Chêne, dans le sens des fibres.	6k à 8k
	Tremble — —	6k 7k
	Sapin — —	8k 9k
	Frêne.	12k
	Orme.	10k,40
	Hêtre.	8k
	Buis.	14k
	Chêne perpendiculairement aux fibres.	1k,60
	Peuplier, perpendiculairement aux fibres.	1k,25

On n'emploie encore que le 1/10, parce que les bois employés ainsi, le plus souvent à l'air, sont sujets à des causes d'altération, ce qui doit engager à s'assurer d'une résistance supérieure aux besoins.

Limite d'élasticité.

Pour le chêne :

$E = 1^k,340$ par millim. carré, $i = 0,0007$ par kil.

Pour le sapin :

$E = 1^k,400$ par millim. carré, $i = 0,0006$ par kil.

valeurs qui varient avec la nature et les espèces des arbres. Ces valeurs ne doivent, en tous cas, jamais être atteintes, pour éviter les déchirements.

On pourra, en moyenne, prendre pour les diverses espèces de bois résistants appliqués aux constructions :

$P = 1.200\,Ai$ et faisant $i = 0,006$ et $A = 1$ mill. c. $P = 0,6$, c'est-à-dire que le poids qui correspond à l'état d'élasticité est le 1/10 de celui de la résistance directe, ce qui rend compte de la limite que nous avons établie ci-dessus.

Résistances des corps soumis à un effort transversal qui tend à en opérer la rupture. Les géomètres se sont beaucoup occupés de cette question, et sont parvenus à des formules qui représentent avec une exactitude suffisante les résultats de l'expérience.

Quand un corps est soumis à un effort transversal, il éprouve une extension dans sa partie supérieure et une compression dans sa partie inférieure. Il se trouve donc dans la partie intermédiaire de la pièce, à une distance variable des deux faces, une ligne de *fibres invariables*.

Le calcul et l'expérience indiquent que le poids qui opère la rupture d'une pièce prismatique rectangulaire, est en raison directe de la largeur et du carré de la hauteur de cette pièce, et en raison inverse de sa longueur. En introduisant ces éléments dans une équation, entre ces quantités, avec un facteur constant dépendant de la ténacité de chaque corps et déterminé par expérience, on obtient des formules pratiques fort utiles.

Soit F la résistance au point de rupture.

a la largeur horizontale.

b la hauteur.

R le coefficient dont nous avons parlé ci-dessus.

On obtient les résultats suivants :

1° Section rectangulaire. . . $F = \frac{Rab^2}{6}$

2° Section carrée. . . . . $F = \frac{Ra^3}{6}$

3° Section carrée, dressée suivant une diagonale. . . . . $F = \frac{Ra^3}{6\sqrt{2}}$

4° Section circulaire. . . . $F = \frac{R\pi r^3}{4}$

5° Section annulaire. . . . $F = \frac{R\pi(r^4 - r'^4)}{4r}$

Digitized by Google

(r rayon extérieur, r' rayon intérieur.)

6° Section rectangulaire creuse ou à nervures. . . . . $F = \frac{R(ab^3 - a'b'^3)}{6b}$

(a', b', dimensions intérieures correspondantes aux longueurs et hauteurs extérieures a, b.)

On considère quatre cas relativement à la position des points d'appui qui supportent la pièce.

Pour chaque cas on détermine la puissance F', qui s'exerce au point de rupture en fonction du poids, de l'effort P qui agit à l'extrémité ou au milieu, et de sa longueur L :

1° Barre encastrée par une extrémité :

$$F' = PL$$

2° Barre supportée en son milieu :

$$F' = \frac{PL}{4}$$

3° Barre supportée par ses extrémités,

$$F' = \frac{PL}{4};$$

4° Barre encastrée par ses extrémités,

$$F' = \frac{PL}{8}.$$

Au moment de la rupture, la puissance F' et la résistance F sont égales. Donc, suivant chaque cas, en égalant ces valeurs, on aura une équation d'où l'on déduira les dimensions minima des pièces et par suite les dimensions réelles ayant un rapport constant avec ce minimum. Il suffit, pour appliquer ces formules à la construction, de connaître la valeur de R. Les quantités L, a, b, r, etc., étant déterminées en centimètres, on a trouvé, par expérience :

	VALEURS DE R pour qu'il n'y ait pas déformation.	VALEURS DE R au moment de la rupture.
Chêne. . . .	140	690
Fonte de fer.	120	610
Sapin. . . .	500	2.800
Fer forgé. .	1.500	6.060

Pour employer ces formules on prend habituellement une dimension cinq fois plus forte que le minimum afin d'éviter toutes chances de rupture, ce qui s'obtient en introduisant dans les formules au lieu de la valeur de l'effort P, cet effort multiplié par 5.

Solides d'égale résistance. Les effets de la puissance P, à des distances croissantes l, l'. . . du point où se produit la résistance, sont Pl, Pl'. . . , elles vont donc en croissant ; les sections doivent donc être croissantes avec l'éloignement du point d'action de la force. La courbe déterminée par la condition d'égale résistance en tous les points est un arc de parabole. C'est donc la forme qu'on devra donner aux supports. C'est celle qu'on donne, par exemple, aux balanciers des machines à vapeur, qu'on forme de deux arcs opposés, puisque dans le cas des machines à double effet l'action se produit dans les deux sens.

Pour une pièce encastrée par son extrémité l'équation de la parabole est $y^2 = \frac{b^2}{l} x$.

Résistance des cordes et courroies. D'après Coulomb, les cordes portent jusqu'à 50 et 60 kil. par fil de caret (fil élémentaire de 8 millimètres de diamètre environ, filé directement et tordu avec d'autres fils de caret pour former la corde). En pratique on ne doit jamais dépasser 40 kilog.

D'après M. Morin, une courroie en cuir noir corroyé, renforcée sur les bords, peut supporter, sans altération, une charge permanente de 2 kil. par millimètre carré de section.

RÉSISTANCE DES FLUIDES.

Le vide n'existe pas dans la nature, les corps doivent donc se mouvoir dans des milieux ; en général, l'eau ou l'air. Ces milieux ne peuvent être déplacés sans faire naître une résistance qui provient de la quantité de travail nécessaire, soit pour opérer leur déplacement et leur imprimer une vitesse convenable, soit pour vaincre la cohésion que ces molécules ont entre elles et avec le corps rencontré, et le frottement qui en résulte.

Action de cohésion et de frottement. L'action de cohésion, nulle dans les gaz, peu importante pour l'eau, le seul liquide qu'il y ait lieu d'étudier comme milieu résistant, le serait bien davantage pour l'huile ou d'autres liquides visqueux. Il semble naturel d'admettre que son rôle consiste à diminuer la mobilité des molécules liquides et cause une consommation de travail pour opérer leur séparation.

Frottement des liquides. On admet généralement :

1° Que le frottement d'un solide sur un liquide est indépendant de la nature de la surface ;

2° Que la résistance due au frottement est indépendante de la vitesse du mouvement.

Cette loi n'a pas été démontrée bien positivement, plusieurs constructeurs considèrent même le frottement comme proportionnel au carré de la vitesse.

Résistance directe. Un corps se mouvant avec une vitesse V déplacera par seconde une quantité de liquide ayant pour expression AV, A étant la projection du corps sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement. La quantité de mouvement qui sera imprimée à cette masse sera $MV = \frac{AV}{g} V$.

Cette expression serait la véritable expression de la résistance d'un fluide si le parallélisme des filets se maintenait toujours, c'est celle dont on se sert habituellement en lui faisant supporter un coefficient d'expérience pour chaque cas, ce qui prouve bien qu'elle n'est qu'une expression incomplète de la résistance : ce coefficient est très voisin de l'unité dans le cas d'un plan.

On obtient à peu près par l'expérience la résistance que donne la formule, si l'on empêche, ou gêne beaucoup, la déviation latérale en adaptant, par exemple, des rebords aux plans qui rencontrent le liquide, comme l'a fait le chevalier Morosi pour les aubes des roues à palettes planes.

Mais les résultats en diffèrent beaucoup si le corps se meut dans un fluide indéfini.

Si en effet on considère un corps en mouvement dans un liquide indéfini, on voit que les filets fluides se déplacent latéralement pour laisser passer le corps, puis reviennent reprendre la place qu'il a quittée.

Quand le corps est fixe, les filets reprennent leur marche parallèle en arrière du corps ; mais il se forme des remous ou tourbillons à l'arrière, par les mouvements de rotation dus à l'obliquité des filets.

Léonard de Vinci, qui s'attacha à l'étude des tourbillons qui se forment dans les liquides, démontra que la vitesse des différentes couches de tourbillons croît, à mesure qu'on se rapproche du centre, inversement à la longueur du rayon correspondant, ce qui est le contraire de ce qui a lieu dans les roues.

La production des tourbillons, dit Poncelet, est un des moyens qu'emploie la nature pour éteindre ou mieux dissimuler la force vive dans les changements brusques du mouvement des fluides ; comme les mou-

Digitized by Google

vements vibratoires sont une autre cause de sa dissipation et de sa dissémination dans les solides.

Dubuat a admis, d'après les indications de l'expérience, 1° que la forme des filets reste invariable pour un corps donné, quand bien même la vitesse relative, uniforme, de ces corps ou du fluide vient à changer; 2° que la vitesse des molécules fluides en chacun des points des filets conserve toujours un même rapport avec celle dont il vient d'être parlé; 3° enfin, que pour des corps semblables dans toutes leurs parties et dirigés semblablement, les dimensions absolues des filets sont seules modifiées, mais non leurs rapports de grandeur et de positions relatives.

Une bien curieuse observation de Dubuat est celle relative à ce qu'il a appelé la *proue* et la *poupe fluides*. Ce phénomène consiste en ce qu'un corps en mouvement dans un fluide entraîne avec lui une partie de ce fluide qui fait en quelque sorte partie de sa masse. Il a trouvé, par exemple, que pour des sphères en mouvement, soit dans l'air, soit dans l'eau, le volume du fluide entraîné s'écartait fort peu de 0,585 ou 0,6 environ de celui des sphères.

Influence de la forme des corps sur l'intensité absolue de la résistance. De ce que les filets s'infléchissent autour des corps plongés au lieu de résister directement, il en résulte que la résistance doit varier avec la forme des corps, c'est sur cette base que repose la construction des vaisseaux.

Une surface aiguë, rencontrant les filets parallèles du fluide, fera incliner ceux-ci qui donneront naissance en arrière à un vide de forme parabolique, et la résistance de cette surface sera presque la même que celle du corps compris dans cette parabole. Il y a donc une forme de moindre résistance, forme qui varie évidemment avec la vitesse que doit prendre le corps flottant.

Effet des proues. Une suite d'expériences faites par Bossut, d'Alembert et Condorcet sur de petits modèles, en faisant varier l'angle de la proue d'un modèle dont toutes les autres dimensions restent constantes, a donné les résultats suivants :

Angles de la proue.			Rapport des résistances.
180°	—	—	1,00
156	—	—	0,96
132	—	—	0,85
108	—	—	0,69
84	—	—	0,54
60	—	—	0,44
36	—	—	0,41
12	—	—	0,40

Effet des poupes. Dans la même série d'expériences les savants cités plus haut ont trouvé :

Angles à la poupe.			
180°	—	—	1,00
96	—	—	0,89
48	—	—	0,86
24	—	—	0,84

Ils ont de même trouvé que la résistance était moindre quand les flancs du bateau étaient curvilignes, que quand ils étaient plans.

De ces expériences faites sur de petits modèles et à de faibles vitesses, on ne peut guère conclure pour le cas des grands bateaux, et surtout pour les grandes vitesses.

Bossut admettait :

Que la résistance d'un vaisseau de ligne était environ 0,20 de celle de son maître couple, évaluée d'après la formule que nous avons donnée plus haut, et pouvait descendre à 0,15.

Les ingénieurs de la marine considèrent ce coefficient comme beaucoup trop fort pour un bateau bien construit.

Nous avons rapporté à l'article BATEAU A VAPEUR les résultats des progrès apportés à la construction des bateaux à vapeur destinés à prendre des vitesses considérables. Nous avons vu que la résistance absolue du navire pouvait être amenée à n'être guère que 1/20e de celle du maître couple. Cet admirable résultat est surtout obtenu par une détermination très savante des formes de l'avant, terminé par une surface à double courbure dans les sens horizontal et vertical.

On parvient par cette double inflexion à écarter le remous et à fendre l'eau sans la soulever, et par suite avec le minimum de travail.

Il faut remarquer que la forme la plus aiguë possible n'est pas nécessairement la meilleure pour la partie qui tranche l'eau avec de grandes vitesses. Cela résulte du vide de forme parabolique qui résulte de la rencontre des filets parallèles avec ceux infléchis par leur choc contre le corps flottant, forme variable avec la vitesse; c'est toujours la forme la plus aiguë qui est la meilleure, pour les petites embarcations qui ne font que glisser en quelque sorte sur la surface de l'eau, et n'ont pas besoin d'en déplacer des quantités considérables.

RÉSISTANCE DE L'AIR.

Quand un plan se meut dans l'air suivant une direction perpendiculaire à sa surface ou reste immobile dans un courant animé d'une certaine vitesse, les molécules d'air situées en avant, sont nécessairement déplacées et refoulées; et déviant latéralement sur les rebords du plan, elles passent à l'arrière en y produisant un vide partiel ou une diminution de pression, tandis qu'il existe à l'avant une pression plus considérable que dans l'état de repos. La différence de ces pressions représente l'effort exercé sur le plan; c'est à elle qu'on donne le nom de résistance de l'air. On n'a aucun moyen de la déterminer théoriquement, ou plutôt les théories que l'on a faites ne font jusqu'ici que montrer les causes de cette résistance, sans donner le moyen de l'évaluer rigoureusement. On est donc réduit à des résultats d'expériences qui font voir que la résistance de l'air varie à peu près comme le carré de la vitesse, et qui donnent le moyen d'évaluer son intensité toutes les fois qu'on connaît l'étendue et la vitesse du plan mobile.

Il résulte de ces expériences qu'une plaque mince éprouve de la part de l'air une résistance plus grande qu'un corps prismatique qui présenterait antérieurement la même surface; et que la résistance diminue à mesure que le prisme est plus long, que lorsque le corps, au lieu d'être terminé par un plan, présente à l'avant une forme plus ou moins allongée, la résistance varie d'une manière sensible. On peut au moyen de la théorie et en suivant le mouvement des molécules d'air autour du corps se rendre raison de ces faits, mais dans l'état actuel de la science il est impossible de les soumettre à une appréciation rigoureuse.

En réunissant les résultats obtenus par Dubuat, Borda, M. Thibaut, et en se bornant au cas d'un corps terminé par un plan et se mouvant dans l'air en repos, on a pour déterminer la résistance de l'air la formule suivante, dans laquelle A représente la surface antérieure en mètres carrés du corps traversant l'air suivant une direction normale à sa surface, V sa vitesse en mètres, c un coefficient variable avec la longueur du corps, et enfin Q la résistance définitive en kilogrammes produite par l'air contre le corps :

$$Q = 0{,}0625\, c\, A\, V^2$$

Pour une surface mince, $c = 1{,}43$; pour un cube, $c = 1{,}17$; et, pour un prisme dont la longueur est égale à 3 fois le côté de la surface antérieure, $c = 1{,}10$.

Le travail résistant de l'air est représenté par le produit de la force Q et du chemin parcouru par le plan;

Digitized by Google

ce chemin étant proportionnel à la vitesse, il en résulte que, lorsqu'un corps se meut avec une vitesse double, la résistance de l'air nécessite pour être vaincue pendant le même temps un travail 8 fois plus considérable. Aussi cet effet est-il extrêmement sensible sur les convois de chemins de fer qui sont toujours animés d'une grande vitesse.

Dans les machines dont les pièces ne sont animées que de faibles vitesses, on peut ne pas tenir compte du travail résistant de l'air qui tend cependant toujours à augmenter la différence qui existe entre le travail dépensé et l'effet utile obtenu. Chacun connaît l'application du vent comme moteur, et l'on sait que la résistance de l'air est utilisée d'une façon analogue au frottement dans les freins pour empêcher certaines machines de s'accélérer; c'est ce qui a lieu dans les horloges à sonneries, les tourne-broches, où il importe d'empêcher les poids moteurs de descendre avec trop de vitesse. Ces poids font tourner avec beaucoup de rapidité des *volants à ailettes*, petits appareils composés d'un ou deux leviers en croix tournant sur un axe qui les traverse dans leur milieu et garnis à leurs extrémités de surfaces planes ou ailettes qui éprouvent de la part de l'air une résistance qui régularise la marche de l'appareil en empêchant les poids moteurs de s'accrocher sous l'action de la pesanteur.

Des expériences de M. Thibaut, sur les voiles, ont donné ce résultat remarquable que des voiles gonflées donnent sensiblement la même puissance que ces voiles développées; résultat très remarquable, qui permet de calculer la résistance de la voilure des vaisseaux, quand la flèche de courbure ne dépasse pas le 1/4 de la largeur moyenne comme cela a lieu sur les bâtiments. Quand la flèche de courbure devient considérable, la loi varie.

On a trouvé, pour un parachute, la résistance du plan de projection de la surface étant 1, la résistance agissant suivant la concavité, était 1,94; en sens contraire, elle n'était que 0,77.

Ces mêmes expériences ont encore montré que quand deux surfaces égales se trouvaient placées l'une derrière l'autre, dans la direction du mouvement du fluide, la résistance était beaucoup plus près d'égaler celle des deux surfaces séparées, qu'on ne pouvait le supposer. Ainsi, pour deux carrés placés à une distance égale à leurs côtés parallèles, de manière à se recouvrir exactement, M. Thibaut a trouvé la résistance égale à 1,7 fois celle d'une surface isolée. Quand le plan postérieur débordait de 0,4 de sa surface, le plan antérieur, la résistance était 1,95 fois celle du plan isolé, pour tomber à 1,84 quand elle devenait 0,9; passé ce terme, elle s'approchait du terme 2.

RÉSISTANCES PASSIVES.

Toute machine a pour but de transmettre le travail moteur à un opérateur, mais nécessairement diminué de toutes les résistances propres de la machine que l'on appelle *résistances passives*. Parmi ces résistances, on distingue surtout les chocs qui doivent être évités toutes les fois qu'ils ne sont pas absolument nécessités par le mode d'action de l'opérateur, la RAIDEUR DES CORDES, et le frottement, que nous allons considérer ici.

Frottement. Toutes les fois qu'un corps se meut en glissant sur un autre, il se produit une résistance qui s'oppose au mouvement, et que l'on nomme *frottement de glissement*. Il est dû à l'action réciproque des molécules des deux corps qui engrènent en quelque sorte, quelque soit le poli de la surface, et dont les actions répulsives et attractives mutuelles se trouvent mises en jeu. On a reconnu par des expériences très précises que cette résistance est assujettie à trois grandes lois :

1° *Le frottement est proportionnel à la pression*, c'est-à-dire que la résistance est toujours une même fraction de la pression qui applique un corps sur l'autre, ce qui se comprend assez bien, puisque les actions moléculaires doivent naître en raison de cette pression.

2° *Le frottement est indépendant de l'étendue des surfaces en contact*, c'est-à-dire que quand cette étendue augmente sans que la pression change, la résistance totale reste la même encore, bien que la pression sur chaque élément se trouve diminuée à peu près en raison inverse de l'étendue même des surfaces.

3° *Le frottement est indépendant de la vitesse du mouvement*, c'est-à-dire qu'il faudra une même quantité de travail pour surmonter le frottement, pour faire parcourir à un corps une longueur déterminée, quelle que soit la vitesse du mouvement.

On appelle *coefficient de frottement* le rapport constant du frottement à la pression qui sert à le mesurer

Tableaux des valeurs du coefficient du frottement d'après les expériences de M. Morin.

INDICATION des surfaces frottantes.	DISPOSITION des fibres.	ÉTAT des surfaces.	RAPPORT du frottement à la pression.
Chêne sur chêne.	Parallèles.	Sans enduit.	0,48
— —	—	Frottées de savon sec.	0,16
— —	Perpendiculaires.	Sans enduit.	0,34
Fer sur chêne.	Parallèles	—	0,62
—	—	Savon sec.	0,21
Fonte sur chêne.	—	Sans enduit.	0,49
Fonte sur chêne.	—	Savon sec.	0,19
Fer sur fer.	—	Sans enduit.	Les surfaces se rodent.
Fer sur fonte.	—	Surfaces un peu onctueuses.	0,18
Fonte sur bronze.	. . . . .	— —	0,15
Bronze sur bronze.	. . . . .	Sans enduit.	0,80
Chêne, orme, fonte, fer, acier et bronze, glissant l'un sur l'autre ou sur eux-mêmes.	. . . . .	Lubréfiées à la manière ordinaire, de suif, d'huile, de saindoux, etc.	0,07 à 0,08
Les mêmes, *idem*.	. . . . .	Légèrement onctueuses au toucher.	0,15
Calcaire tendre sur *idem*.	. . . . .	Sans enduit.	0,64
Granit sur *idem*.	. . . . .	—	0,66

Digitized by Google

AXES EN MOUVEMENT.		NATURE DES ENDUITS.	RAPPORT DU FROTTEMENT à la pression.	
Axes.	Coussinets.		Graissage ordinaire.	Graissage continu.
Fonte.	Fonte.	Huile d'olive, saindoux, suif.	0,07 à 0,08	0,054
Fonte.	Bronze.	— — —	0,07 à 0,08	0,054
Fonte.	Gaïac.	— — —	0,10	0,090
Fer.	Fonte.	— — —	0,07 à 0,08	0,054
Fer.	Bronze.	— — —		
Fer.	Gaïac.	— — —	0,11	

pour chaque corps, de telle sorte que P étant la pression, F le frottement, f le coefficient, on a toujours $F = P f$, et pour le travail absorbé par le frottement pour parcourir le chemin E, $T = P f E$.

Pour les tourillons des arbres, le chemin parcouru par minute est $n \times 2 \pi r$, n étant le nombre de tours par minute, et r le rayon du tourillon; la vitesse est donc par seconde $\frac{n \times 2 \pi r}{60} = 0{,}1047\ n r$, et le travail par seconde $0{,}1047\ f n r \times P$, travail croissant avec le diamètre des tourillons, mais indépendant de leur longueur, ce qui permet de diminuer la valeur de r.

Comme le montrent les tableaux ci-dessus des coefficients de frottement, les deux grands moyens de diminuer cette résistance sont :

1° La dureté et le poli des corps;

2° L'emploi des enduits gras.

On sait avec quel soin ces conditions sont satisfaites dans la pratique, ou les surfaces frottantes sont le plus souvent en acier trempé, c'est-à-dire aussi dures qu'il est possible de les obtenir. CH. LABOULAYE.

RESSORTS. Nous avons donné à l'article MÉCANIQUE, pages 2524 et 2579, la description des principaux ressorts tels qu'ils sont employés dans les machines. Nous n'avons pas a y revenir ici. Nous indiquerons seulement une nouvelle forme de ressorts à boudins fort employés aujourd'hui ; ce sont les ressorts dont les hélices, au lieu d'être cylindriques, se développent sur deux cônes opposés au sommet. L'avantage de ces ressorts est de parcourir un bien plus grand chemin, parce que, quand ils sont serrés, les spires rentrent les uns dans les autres. La douceur de ces ressorts a permis de leur trouver de nombreuses applications, surtout dans la fabrication des sommiers élastiques et des meubles.

C'est surtout pour les voitures que les ressorts sont employés avec un avantage immense ; outre la fatigue qu'ils évitent aux voyageurs d'être cahotés, ils facilitent considérablement le tirage du cheval en diminuant son travail ; les chocs provenant des irrégularités de la route se trouvent amortis, et le travail du cheval n'a a surmonter qu'un effort à peu près constant au lieu d'efforts sans cesse variables.

Les ressorts *courbes* sont peu employés aujourd'hui; on adopte presque toujours maintenant les ressorts à *pincettes* ou elliptiques, analogues a celui représenté fig. 1661, p. 2579, qui sont plus légers et plus doux. Celui representé dans cette figure est un peu différent de ceux employés généralement, en ce que les lames ne viennent agir qu'a mesure que la caisse de la voiture descend, disposition qui paraît avoir offert quelques avantages.

Dans quelques chemins de fer d'Allemagne, on s'est bien trouvé d'employer, au lieu de ressorts formés de lames superposées, de larges ressorts formés d'une seule plaque d'acier bien corroyé. Ces ressorts, moins coûteux, sont plus doux, et offrent une sécurité bien suffisante quand ils ont été travaillés avec soin.

RHODIUM, métal découvert en 1803 par Wollaston dans les minerais de platine. Sa rareté a empêché jusqu'ici de l'employer dans les arts.

RHUM, liqueur alcoolique que l'on obtient de la distillation des mélasses fermentées.

RICIN, plante oléagineuse, de la graine de laquelle on extrait une huile employée en médecine comme purgatif énergique.

RIZ, plante de la famille des céréales. Sa décoction, fermentée, puis soumise à la distillation, donne une liqueur alcoolique connue sous le nom de *rack* ou *arack*.

ROBINETS (*angl.* cock, *all.* hahn). Un robinet consiste en général en une cannelle horizontale, espèce de tuyau conique qui pénètre la capacité dont on veut retirer le liquide. Ce tuyau porte un renflement percé d'un trou conique, dit *boisseau*, bouché par une *clef* ou *noix*, qui s'oppose au passage du liquide dans un sens, mais qui permet l'écoulement quand on lui fait faire un quart de révolution, et qu'on amène ainsi dans le sens du tuyau le canal dont elle est percée.

Il faut que l'œil de la noix présente une section à peu près égale à celle du tuyau horizontal, afin que l'écoulement n'éprouve pas de contraction. La clef doit être d'un métal plus doux que celui du boisseau, afin que l'usure s'exerce sur la partie la plus facile à remplacer. C'est parce que cette usure est inevitable qu'on fait la clef conique, afin qu'elle puisse fermer encore quand l'usure a diminué son diamètre moyen.

Un amélioration a été apportée à ces appareils par M. Jullien, pour le soutirage des liquides renfermés dans des capacités closes, les tonneaux, par exemple. Comme dans ce cas l'écoulement ne peut avoir lieu qu'autant que le liquide est remplacé par un volume égal d'air, il faut que celui-ci remonte à travers le liquide qui s'écoule, quand on emploie les robinets ordinaires; il s'ensuit que le filet est dispersé et le liquide troublé.

M. Jullien a remédié à cet inconvénient, en disposant à la partie supérieure de la cannelle un petit conduit très étroit correspondant à une petite ouverture percée à travers la clef, qui permet à l'air de rentrer à mesure que le liquide s'écoule avec une grande régularité. Cet appareil est surtout précieux pour soutirer les vins.

Il arrive quelquefois que l'on ne peut prolonger le robinet au-delà de son boisseau. On emploie alors des clefs percées d'un double canal, l'un vertical, l'autre horizontal : c'est le système employé pour les bains.

Les robinets qui jouaient autrefois un grand rôle dans la machine à vapeur, ont été remplacés bien avantageusement par les tiroirs, qui s'usent moins et permettent d'agir sur de plus grands orifices avec bien plus de facilité. Nous avons donné à l'article MACHINE A VAPEUR la représentation des grands robinets à valves usités dans quelques cas, et notamment dans les grandes conduites d'eau.

ROCHE A FEU. Voyez *Feu d'*ARTIFICE.

ROCHET. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

Digitized by Google

ROCOU (*angl.* annotto, *all.* orlean), matière colorante produite par un arbre de la famille des liliacées, le rocouyer, particulièrement cultivé à Cayenne. Cette matière est une espèce de pulpe gluante, d'un rouge-vermillon, entourant les graines qui sont de la grosseur des petits pois, et réunies par trente ou quarante dans un fruit siliqué et épineux. Lorsque le fruit est mûr, les capsules s'ouvrent avec une sorte d'explosion par la seule pression des doigts. On enlève ensuite la pulpe et les graines ; on pile grossièrement le tout, et on le fait digérer avec une certaine quantité d'eau pendant un temps suffisant pour produire un commencement de fermentation ; on agite alors, on décante, et on traite de nouveau le résidu par l'eau afin de l'épuiser : il est préférable de ne point piler les semences et d'éviter toute fermentation ; on obtient par ce dernier procédé un rocou de qualité supérieure. Quel que soit le mode d'extraction suivi, on réunit toutes les eaux qui ont servi à traiter les graines et qui tiennent en suspension la matière colorante ; par un passage au tamis, on en sépare la pulpe et les débris de semence qui auraient pu y rester, puis on les laisse déposer ; on enlève par décantation l'eau claire surnageante ; on amène le dépôt à l'état de pâte ferme par une évaporation ménagée, puis on termine la dessiccation à l'ombre dans des séchoirs à air libre.

Le rocou de bonne qualité est en pâte bien homogène, d'une consistance assez ferme, et onctueux au toucher : il doit être de couleur de feu, et offrir une teinte plus vive en dedans qu'en dehors ; lorsque la dessiccation a été mal opérée, il est souvent moisi dans son intérieur, et la couleur en est toujours plus pâle. D'après Chevreul, le rocou renferme deux matières colorantes distinctes, l'une jaune, soluble dans l'eau et l'alcool, et insoluble dans l'éther ; l'autre rouge, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Sa décoction dans de l'eau alcaline est d'une belle couleur orangée. Le rocou est une couleur très fugace que l'on n'emploie guère que dans la teinture de la soie. Il sert également à colorer des vernis et certaines préparations alimentaires, comme le fromage de Chester, etc.

ROMAINE. Voyez BALANCE.

ROUES. Voyez VOITURES.

ROUES HYDRAULIQUES. Voyez HYDRAULIQUE ET MÉCANIQUE.

ROUISSAGE. Voyez LIN.

ROULEAU COMPRESSEUR. Les routes en empierrement, dans un bon état d'entretien, ont de grands avantages sur les routes pavées ; elles sont d'une construction moins coûteuse et d'un parcours plus facile qui se prête admirablement aux grandes vitesses que l'on recherche tant de nos jours ; aussi sont-elles actuellement presque universellement adoptées.

Dans les anciennes routes en empierrement on posait sur le sol de larges pierres plates, surmontées de grosses pierres placées de champ ; une couche de pierres cassées était répandue sur cette fondation et renfermée entre deux bordures parallèles en pierres de grandes dimensions : le tout formait une chaussée très dispendieuse à établir et à entretenir, et très cahotante quand les pierres placées de champ étaient en partie découvertes par l'action du roulage.

Plus récemment, et d'après le système de Mac-Adam, on a composé simplement la chaussée d'une seule couche de cailloutis dont l'épaisseur varie de $0^m,15$ à $0^m,30$ et qui repose immédiatement sur le sol ; l'économie qui résulte de la double suppression de la fondation et des bordures compense bien au-delà l'augmentation de dépense qui résulte du cassage de la pierre en petits fragments.

Une chaussée neuve à la Mac-Adam composée, comme nous l'avons dit, d'une seule couche de cailloutis, est à peine praticable. Les voitures ne peuvent la parcourir que très lentement et avec une grande dépense de force. Les roues, qui séparent facilement les éléments mobiles de l'empierrement, creusent des ornières, écrasent et broient une grande partie des matériaux, qui passent à l'état de poussière et de boue, et qu'il faut remplacer successivement par de nouveaux matériaux. Les ornières se reproduisent sans cesse et ce n'est qu'à la longue, après des réparations continuelles et dispendieuses, que les divers éléments de la chaussée mêlés avec les détritus, finissent par se lier et par former une masse résistante et compacte. Mais cette consolidation de la chaussée par l'action lente, irrégulière et destructive des roues peut s'opérer directement par des moyens simples et économiques. Notre célèbre ingénieur, M. Polonceau, fut le premier qui remplaça l'action incertaine des roues des voitures par la pression uniforme d'un lourd et grand cylindre ou *rouleau compresseur ;* pour opérer rapidement la consolidation de la chaussée, il eut recours au mélange de pierres dures avec des pierres tendres, des graviers liants et des détritus de vieilles chaussées. Il publia en 1829 un mémoire sur l'application qu'il avait faite de ce procédé dans le département de Seine-et-Oise. Les bons effets de cette méthode ont été constatés en France et à l'étranger, toutes les fois que l'on a rempli la double condition d'une pression suffisante et d'un mélange convenable de matériaux qui puissent se lier facilement ; cependant elle ne s'est répandue que très lentement ; en France, on se servait encore uniquement il y a quelques années de cylindres très pesants de $1^m,50$ à $2^m,00$ de longueur et d'un grand diamètre, pesant de 7.000 à 9.000^k, et d'une manœuvre difficile ; en Allemagne on employait déjà depuis quelque temps un cylindre plus léger à faible diamètre et d'une manœuvre plus facile ; son usage introduit en France par M. Schattenmann, serait, d'après ce dernier, beaucoup plus efficace que celui du cylindre pesant qui écrase en partie les pierres et ne comprime la chaussée qu'à la surface, tandis que le cylindre léger, exerçant une pression près de moitié moindre, mais sur une sorte de bande ou surface beaucoup plus faible, détermine sur toute l'épaisseur de l'empierrement des mouvements ondulatoires qui produisent un enchevêtrement complet des matériaux qui composent la chaussée.

M. Schattenmann porte l'épaisseur de la chaussée dans son axe à $0^m,20$, avec un bombement de $0^m,06$ par mètre ; le fond de la forme et de l'encaissement qui doit recevoir les matériaux est aussi un peu bombé, environ $0^m,04$ par mètre, afin que l'empierrement conserve une certaine épaisseur jusque sur les bords de la route. Le bombement réduit, auquel on arrive après la compression, est suffisant pour l'écoulement de l'eau quand la chaussée est unie.

L'empierrement peut s'établir sur un sol quelconque, quelle que soit sa nature ; cependant, s'il était par trop mou, on pourrait le raffermir un peu par un passage du rouleau compresseur ; on place les matériaux, réduits par le cassage à $0^m,06$ de diamètre, dans le fond de l'encaissement ; ceux plus petits sont réservés pour la surface ; s'il en reste à la surface qui aient plus de $0^m,04$, on les casse sur place ou bien on les enlève à la main. Ces matériaux plus ou moins durs, plus ou moins liants, peuvent être rapprochés, enchevêtrés par une forte pression, mais cela ne suffit pas pour qu'ils forment immédiatement une couche compacte et imperméable ; il faut nécessairement incorporer dans l'empierrement une matière ténue pour remplir les vides et opérer la liaison de toutes les parties. La consolidation des chaussées par le cylindrage repose sur ce double principe de la compression et du mélange des matériaux avec une matière d'agrégation ; cette matière doit être de telle ou telle espèce suivant la dureté des matériaux de l'empierrement et leur facilité à se lier. Avec des ma-

Digitized by Google

tériaux durs, sans liant, comme les pierres siliceuses, les granites, les quarz, etc., on prend, pour opérer l'agrégation, la marne, les calcaires tendres, les terres fortes, etc., qui se lient facilement; mais avec des calcaires d'une certaine dureté, on emploie du sable. Enfin, les détritus des chaussées sont, dans tous les cas, une bonne matière agglomérante.

Le rouleau compresseur employé par M. Schattenmann consiste dans un cylindre creux en fonte de 1m,30 de diamètre et de même longueur; aux extrémités de son axe, en fer forgé, sont placés deux coussinets qui supportent un fort cadre, surmonté d'une caisse carrée, qui peut recevoir, en pierres ou en pavés, une charge de 3.000 kilogr.; à l'aide de deux timons assemblés à la charpente du cadre, on peut atteler les chevaux devant et derrière, ce qui dispense de faire tourner le rouleau sur place. A vide, tout le système pèse 3.000 kilog., et à pleine charge 6.000 kilog.

Quand la chaussée est préparée et chargée de cailloutis, on procède au cylindrage qui comprend deux opérations bien distinctes : le compression des matériaux et leur agglomération.

1° La compression est produite par deux tours ou deux passages du rouleau à vide, faisant une charge de 3.000 kil., par deux tours à mi-charge correspondants à 4.500 kil. et par deux tours à charge entière, ou à 6.000 kil. Pendant ces six premiers tours du rouleau, on est obligé, dans une grande sécheresse, d'arroser les matériaux pour qu'il glissent mieux les uns sur les autres et s'enchevêtrent plus facilement.

2° L'agglomération s'opère en continuant de comprimer avec le rouleau à pleine charge; mais après chaque tour on étend, à la surface de la chaussée, une légère couche de matière liante, sèche, réduite en poudre, et choisie convenablement suivant la nature des matériaux de l'empierrement. Le volume de la matière d'agrégation est d'environ 15 p. 100 du cube des matériaux qui constituent l'empierrement. Six tours de rouleau suffisent dans cette seconde période de la consolidation.

Le cylindrage réduit au minimum de douze tours de rouleau pourra, dans une journée, s'étendre à 200 ou 300 mètres de longueur et couvrir une surface de 1.500 à 2.000 mètres carrés; ce travail s'exécute avec six chevaux sur des routes à pentes ordinaires; on en emploie huit quand les pentes dépassent 0m,04 à 0m,05 par mètre. Le succès de l'opération dépend principalement de la nature de la matière d'agrégation et de son introduction dans l'empierrement; elle doit remplir les vides qui restent entre les matériaux, et les envelopper en partie d'une espèce de gangue qui se consolide en séchant. Quand le rouleau marche pendant la compression, il s'enfonce peu dans l'empierrement, même au premier tour; on remarque seulement en avant une agitation analogue à celle qui a lieu dans un liquide refoulé; la pression de la surface se transmet de proche en proche, les pierres glissent les unes sur les autres, et il se forme une espèce de feutrage; les vides qui existaient d'abord se remplissent en partie par les matériaux eux-mêmes. L'ondulation en avant du rouleau diminue graduellement au fur et à mesure que les pierres se casent et perdent leur mobilité; de là résulte, dans l'épaisseur de la chaussée, une diminution d'environ un sixième pour la meulière cassée, et un peu moindre pour les cailloux roulés.

Le saupoudrage de la matière d'agrégation s'opère particllement par couches minces, pour qu'elle pénetre facilement dans l'empierrement. Pendant ce travail l'ondulation diminue rapidement; elle s'éteint bientôt, et la matiere d'agrégation reste à la surface; c'est le signe certain que l'on peut cesser le cylindrage; cela arrive ordinairement après une douzaine de passages. On répand alors sur la matière d'agrégation restée à la surface de la chaussée une couche de 0m,01 de sable ou de gravier fin, pour couvrir les pierres, amortir l'action des pieds des chevaux, et empêcher les dégradations à la surface et l'adhérence aux roues des matières grasses qui n'ont pas pénétré dans la masse. Dans cet état, il faut encore que la chaussée soit mouillée par la pluie ou par un arrosage abondant; elle peut ensuite être livrée immédiatement à la circulation. Elle n'est cependant pas encore entièrement consolidée; ce n'est qu'après une dessiccation d'environ deux mois que toutes ses parties sont bien liées et qu'elles forment une masse compacte et imperméable. Si, après le cylindrage, il survenait des pluies continuelles et ensuite des gelées, la chaussée se consoliderait difficilement. Il ne faut donc pas entreprendre ces opérations en hiver ou à l'entrée de l'hiver.

Quand une chaussée n'a pas été parfaitement confectionnée, les traces et ornières qu'y laisse une circulation un peu active doivent être effacées sans cesse par les cantonniers. Ce dispendieux travail d'entretien a souvent le grave inconvénient de diminuer notablement l'épaisseur de la chaussée avant qu'elle soit parvenue à de bonnes conditions de viabilité. Mais quand une chaussée a été originairement bien établie par le cylindrage ou par tout autre procédé, les voitures les plus lourdes n'y laissent pas de traces sensibles; l'office du cantonnier se réduit alors à une simple surveillance, et à enlever la boue peu abondante apportée par la circulation, ou provenant des parcelles enlevées à la chaussée. Quant à l'entretien accidentel, il se réduit à peu de chose, et s'opère d'ailleurs par le damage ou pilonnage, dont les résultats sont analogues à ceux du rouleau compresseur.

Quand une chaussée empierrée est usée, on la recouvre d'une couche de matériaux, que l'on consolide au moyen du rouleau compresseur, en suivant la même marche que pour une chaussée neuve; seulement, dès les premiers tours du rouleau, par un temps pluvieux, ou à la suite d'un arrosage convenable, il faut saupoudrer avec la marne le sable ou les détritus, pour lier promptement les parties de la nouvelle couche entre elles et à la superficie de l'ancienne chaussée, qu'il n'est pas nécessaire de piquer préalablement.

ROUTES. La construction des routes a pour objet de diminuer, autant que possible, les résistances des voitures qui les parcourent, résistances provenant soit du roulement des roues sur le sol, soit de la dépression du sol de la route s'il n'est pas assez résistant, soit enfin de la gravité lorsqu'il y a des pentes à gravir.

Pour construire une route, on doit donc : 1° s'occuper de la direction et du tracé; 2° déterminer le profil en long; 3° le profil en travers; 4° le mode d'exécution des terrassements, la construction de la chaussée. Nous allons passer en revue ces différentes parties de la question.

De la direction. On entend par direction l'indication des principaux points que la route doit relier entre eux. Généralement l'administration fixe les deux points extrêmes de la route. Ce sont des considérations ou militaires ou commerciales qui les déterminent. Quand les points à réunir sont séparés par une chaîne de montagnes, la direction la plus avantageuse à suivre n'est pas le plus souvent la ligne droite, la détermination de la direction générale de la route devient d'une extrême importance.

Le plus important dans cette circonstance est de déterminer d'abord le point le plus bas de la chaîne; on ne peut le plus souvent y parvenir par la seule inspection des lieux. Par le nivellement on perdrait beaucoup de temps et on dépenserait beaucoup, sans arriver à un résultat bien certain. Ce n'est que depuis peu que M. Brisson a résolu ce problème, en se fondant sur des considérations de géographie physique.

Digitized by Google

Les recherches de ce célèbre ingénieur l'ont amené à cette certitude qu'il existe une relation entre les faîtes des montagnes et les cours d'eau ou thalwegs (thalweg signifie le chemin de la vallée). M. Brisson part de l'observation de la concordance des pentes des montagnes et des thalwegs des cours d'eau formés par les eaux qui coulent sur celles-ci, pour déterminer le point le plus bas du faîte d'une chaîne de montagnes.

On conçoit, en effet, qu'avec une carte bien faite, telle que celle du dépôt de la guerre en France, ou les feuilles de Cassini, on puisse, par les relations qui existent entre les thalwegs qui servent de lit aux ruisseaux, aux rivières, aux fleuves, et qui se trouvent rapportés exactement sur ces cartes, prévoir à priori la position des points les plus bas des chaînes de montagnes qui séparent deux bassins consécutifs; ainsi, puisque les pentes des faîtes et des thalwegs sont toujours situées dans le même sens :

1° Un faîte principal rencontré par plusieurs faîtes secondaires donne un maximum absolu au point de rencontre;

2° Deux thalwegs rencontrant un faîte donnent un minimum relatif;

3° Si deux thalwegs parallèles viennent à diverger dans des sens opposés, on doit trouver un minimum en prolongeant la direction des thalwegs jusqu'au faîte;

4° Deux thalwegs en sens contraire et parallèles présentent toujours sur le faîte un point minimum dans l'intervalle qui sépare les deux sources.

On peut donc, à l'aide de ces considérations, déterminer le point le plus bas d'une chaîne de montagnes : c'est généralement ce point qui devra déterminer la direction de la route, afin de ne pas monter pour redescendre ensuite et pour diminuer la dépense; car l'élévation augmente le développement de la route.

Quand la direction générale d'une route est ainsi déterminée par les considérations administratives ou de géographie physique, on doit s'occuper de déterminer les points intermédiaires. Cette détermination constitue le tracé : nous allons nous en occuper.

Du tracé. 1° Si le sol est plat et si le terrain n'a dans aucune partie une pente plus considérable que celle que l'on a adoptée comme limite, et s'il ne se trouve aucun obstacle au tracé en ligne droite, on l'adopte; 2° quand le sol est accidenté et qu'un tracé en ligne droite exige l'achat de propriétés importantes ou de constructions particulières, on étudie un tracé brisé de manière à éviter une partie de ces inconvénients : on doit toujours, dans ces tracés, chercher le trajet le plus court et le sol le plus favorable à l'établissement de la route; 3° si le sol est très accidenté, il faut, pour exécuter le tracé, un nivellement et un plan; 4° dans les montagnes, on suit les vallées en évitant les inondations, et l'on descend d'un faîte dans la vallée en suivant le versant d'une chaîne secondaire.

Détermination du profil en long. Dans le cas où l'alignement est rectiligne, le problème est toujours facile à résoudre : on peut d'un des points apercevoir l'autre, et alors avec des jalons on trace la ligne. Si d'un point intermédiaire on aperçoit les deux autres, on emploie encore les jalons, et on tâtonne leur place définitive jusqu'à ce que l'on arrive à faire passer un alignement par les deux points donnés. Enfin, si des obstacles cachent les points à la vue, on rattache ces deux points en levant un plan sur lequel on les rapporte.

Quand deux alignements rectilignes se coupent, ils sont toujours réunis par une courbe d'un rayon suffisant.

Dans le profil en long, on doit surtout avoir en vue l'économie de la force motrice, et, à cet effet, chercher à concilier les deux conditions, d'obtenir en même temps des pentes très douces et une longueur minimum. Ces conditions, auxquelles on ne peut souvent satisfaire d'une manière absolue qu'au prix de terrassements et de travaux considérables, forment des limites dont on se rapproche en raison de l'importance de la route. On ne doit pas admettre, en tous cas, de pente maximum de plus de 0m,07 par mètre pour ne pas accroître dans une trop forte proportion la fatigue du cheval, ou le poids utile qu'on peut lui faire traîner Pour l'écoulement des eaux, il ne faut pas que la pente minimum soit moindre que 0,02.

Profils en travers. Quand le profil en longueur est terminé, on fait le levé d'autant de profils en travers qu'il est nécessaire pour connaître en chaque point la disposition du terrain qui doit recevoir la route, et sur ces mêmes profils, en travers du terrain, on dessine le profil en travers de la route.

Deux profils consécutifs étant tracés, il faut pouvoir déterminer le volume de déblais ou de remblais nécessaires pour obtenir la route projetée; on considère la surface du terrain et celle du projet comme engendrées par des droites s'appuyant à la fois sur les profils en travers et restant parallèles au plan vertical passant par l'axe; on fait les profils en travers assez rapprochés pour que l'on puisse admettre sans erreur sensible que la droite génératrice se confond toujours avec le terrain.

La route peut, par rapport au sol, être :

1° *Au niveau du sol.* Son établissement se réduit alors à la construction de la chaussée et au creusement de fossés latéraux pour recevoir les eaux pluviales qui y parviennent par suite de la forme bombée de la route;

2° *En remblai*, c'est-à-dire établie sur des terres rapportées. La surface supérieure n'a que la largeur nécessaire pour la chaussée et les accotements, que l'on doit garnir de garde-fous pour prévenir les accidents;

3° *En déblai*, c'est-à-dire enfoncées dans le sol. Dans ce cas la route doit être munie de fossés qui reçoivent les eaux des talus du déblai. Si la place manque et que la pente soit assez forte, on peut se contenter de simples ruisseaux disposés au pied des talus ou des déblais;

4° Enfin, *partie en déblai, partie en remblai;* c'est toujours ainsi que s'établit une route qui gravit le flanc d'une montagne. Les parties déblayées sur l'un des côtés de la route servent à remblayer l'autre partie. Dans ce cas la chaussée, au lieu d'être bombée, doit être inclinée en allant du remblai vers le déblai, afin d'éviter les accidents.

Déblais et remblais. Supposons d'abord que les profils soient en remblais ou en déblais, il sera facile de déterminer le volume en menant des plans verticaux parallèles à l'axe de la route, de manière à diviser le volume total en un certain nombre de volumes partiels dont on pourra regarder toutes les surfaces comme planes, il sera facile de cuber le solide. Si l'un des profils est en déblais, l'autre en remblais, les intersections des génératrices formant la surface de la route avec la surface du terrain donnent la ligne de séparation entre le déblai et le remblai, et les solides à cuber sont sensiblement des pyramides triangulaires tronquées. On agit ici, pour opérer la cubature, comme dans le cas précédent, on divise le tronc de pyramide de manière à faire le moins d'erreurs possible.

Enfin, si les profils sont partie en déblais, partie en remblais, on retombe évidemment dans les cas précédents que nous avons déjà examinés.

Dans un projet, on fait rapidement le calcul des déblais et remblais : le calcul exact serait trop long, on ne fait ce calcul avec exactitude qu'au moment ou le projet est adjugé. Ce calcul sert à établir le compte de l'entrepreneur et se fait en sa présence, et alors on doit indiquer sur les dessins les diverses natures de terrain; car la fouille varie de prix avec la nature du sol.

Digitized by Google

Nous ne nous occuperons point ici d'évaluer les distances de transport des terres qui proviennent des déblais au point où elles doivent servir de remblais ; nous rappelons seulement que cette question, qui est toute administrative, exige les soins de l'ingénieur qui dirige les travaux. Elle influe puissamment sur le prix de revient de la route, et l'on doit s'efforcer de disposer le travail de manière à faire les transports les moins longs qu'il est possible.

Les différents modes de transport sont rappelés dans le tableau suivant, avec le prix du transport pour une certaine distance :

	mètres	fr. cent.
1 mètre cube de terre transporté à la brouette à une distance de. .	30	coûte 0,10
1 mètre cube de terre transporté au camion à la distance de. . . .	90	— 0,18
1 mètre cube de terre transporté au tombereau à une distance de. .	90	— 0,24
1 mètre cube de terre élevé au bouriquet à une distance de. . . .	4,95	— 0,50
1 mètre cube de terre transporté sur chemin de fer par des chevaux à une distance de.	100	— 0,16
1 mètre cube de terre transporté sur chemin de fer par une locomotive à une distance de.	100	— 0,26

Généralement on emploie les brouettes jusqu'à 100 mètres; puis vient le camion jusqu'à 132 mètres; à 132 mètres jusqu'à 200, on se sert d'un seul tombereau ; à 200 mètres, on en prend deux, et ainsi de suite. On augmente le nombre des tombereaux avec la distance.

Construction des chaussées. Les chaussées sont, ou formées de matériaux réguliers et volumineux, et prennent alors le nom de chaussées pavées, ou bien de matériaux, sans forme déterminée, enchevêtrés les uns dans les autres ; dans ce dernier cas, on les appelle chaussées en empierrement.

Chaussées pavées. Les matériaux que l'on emploie pour l'exécution des chaussées pavées sont les grès, le granite, le basalte, le porphyre, le schiste et la pierre calcaire. Tous ces matériaux sont taillés en forme cubique ; les cailloux roulés, que l'on emploie quelquefois, se posent tels qu'ils sont. Quelle que soit la nature des pavés formés avec ces matériaux, ils reposent tous sur une couche de sable de 0m,10 à 0m,15 d'épaisseur. Sur les routes, les pavés sont maintenus contre le mouvement latéral par des pavés de plus grande dimension que l'on nomme bordures. Lors de la construction d'une chaussée on commence par faire un encaissement qui permette de recevoir le sable et les pavés, on dispose les pavés par rangées perpendiculaires à l'axe de la route, et toujours on apporte le plus grand soin à croiser les joints. On doit placer du sable dans les joints, puis au-dessus de l'ouvrage, quand le pavage est terminé ; cet ensablement a pour but de terminer les garnitures des joints. Ces joints ont généralement 0m,02 à 0m,025 d'épaisseur, à cause des faces bombées qu'ils présentent. Après la pose et avant l'ensablement de la surface, la chaussée est dressée avec soin en frappant successivement sur chaque pavé avec un hie de 35 à 40 kil. Voyez PAVAGE.

Quand les eaux doivent s'écouler au milieu des rues, on doit établir la chaussée avec des pavés creusés, ayant une longueur égale à un pavé et demi ; de cette manière le pavage dure longtemps et les eaux s'écoulent facilement.

Chaussées en empierrement. Les chaussées en empierrement se construisent de diverses manières, suivant la nature du sol qu'elles doivent recouvrir.

Si le sol est peu consistant, on place au fond de l'encaissement des pierres plates destinées à soutenir la chaussée. Sur ces pierres plates on pose des pierres qui ont environ 0m,15 à 0m,20 de hauteur, et les joints qu'elles présentent sont remplis par de petits cailloux qui forment la surface de la route. Les bordures de ces routes sont formées par des matériaux irréguliers que l'on pose toujours sur leur face la plus large pour leur donner plus de stabilité.

Quand le terrain est assez bon il est inutile d'employer les pierres plates ; on pose directement sur le sol les pierres, de 0m,15 à 0m,20, entre les interstices desquelles s'enchevêtrent les petits cailloux.

Si le sol est très bon, il peut suffire de répandre sur le sol une épaisseur de 0m,15 à 0m,20 de petits cailloux.

Les principaux matériaux employés à la construction des chaussées en empierrement sont le muschelkalk, le calcaire dur et le silex argileux. La partie supérieure est, dans tous les cas, formée de petites pierres, dont la plus grande dimension n'excède jamais 0m,06.

Dans le cas d'un mauvais terrain, on consolide le sol par deux lits de fascines placés perpendiculairement. Cette disposition assèche la route et empêche les tassements partiels.

Si la chaussée est dans un sol de glaise, il faut faire des pierrées de distance en distance qui aboutissent à la forme dans les fossés par les lignes de plus grande pente ; le but de ces pierrées est d'empêcher les eaux pluviales de séjourner dans la forme. Ces pierrées sont de petits canaux formés de pierres espacées de 0m,10 à 0m,20, et recouvertes par des pierres plates.

Dans les pays de montagnes, les eaux qui s'écoulent en abondance sur les routes les détériorent rapidement. On évite cet effet en construisant de distance en distance des espèces de bourrelets, appelés écharpes, qui forcent les eaux à s'écouler dans les fossés. Si les descentes sont très longues et que la pente soit de plus de 0m,02 par mètre, on dispose les fossés en gradins, pour éviter les effets de la grande vitesse que les eaux ne tarderaient point à atteindre.

Chaussées à la Mac-Adam. Un important perfectionnement a été apporté à la construction des chaussées en empierrement par l'invention de ce système aujourd'hui employé presque exclusivement. Il consiste principalement dans l'emploi de pierres cassées sur une épaisseur de 0m,15 à 0m,30 suivant le poids des voitures. Des cailloux cassés placés sur une aussi grande épaisseur forment une route qui ne se laisse pas pénétrer par les roues, et, s'appliquant également sur toute la surface du sol, rendent toute fondation inutile. A l'ouverture d'une route neuve il faut avoir soin de réparer les ornières qu'y font nécessairement les premières voitures, avant que les matériaux ne soient bien liés.

On obtient une liaison plus intime encore en mélangeant avec les cailloux brisés du sable fin ou mieux des pierres très tendres, comme l'a proposé M. Polonceau. En effet, les pierres cassées ne se touchant que par un petit nombre de points, les angles seront détruits par la pression des roues des voitures, et il se produira pendant longtemps des dépressions et des ornières. Mais si les vides sont remplis la route fera un tout solide d'une grande résistance.

La chaussée exécutée avec un mélange de pierres dures et tendres peut être comparée, dit M. Polonceau, à un banc de pierres de dureté moyenne, en forme de brèche, dans laquelle la pierre tendre forme la gangue ou le ciment général qui enveloppe et lie les fragments de pierre. A ce système se lie avec grand avantage, pour rendre la voie immédiatement excellente, l'emploi de ROULEAUX COMPRESSEURS destinés à mettre les matériaux à leur place, à former la route que les voitures ne pourront plus entamer. Ces rouleaux en fonte, de 1m,50 de largeur, 2m de diamètre, chargés de 6 à 8000 kil., passant à plusieurs reprises sur les chaussées, forcent les pierres à s'enchevêtrer les unes dans les autres, et

Digitized by Google

en ayant soin d'arroser en même temps la route à grande eau, les matières fines entrent dans tous les interstices qui sont restés vides. On obtient un tassement suffisant en cylindrant chaque partie de la chaussée 12 ou 15 fois.

Comparaison des diverses routes. La résistance au roulement paraît pouvoir être évaluée sur les chaussées sèches et en bon état, et pour nos voitures habituelles de roulage, à 1/50 du poids sur les routes pavées et à 1/35 à 1/40 sur les routes en empierrement.

La chaussée pavée a donc un notable avantage sur la chaussée à empierrement, sous le point de vue de la traction; cependant sur cette dernière il n'y a point de chocs, les voitures fatiguent moins : le frottement de roulement des voitures est plus considérable, parce que la chaussée est moins dure et se laisse toujours pénétrer par les roues.

Quand la vitesse est considérable, les bonnes routes en empierrement deviennent plus avantageuses à cause de l'absence des chocs, comme l'ont démontré les expériences de M. Morin.

Entretien des routes. Nous nous occuperons d'abord des routes pavées, leur entretien consistant en *relevé à bout* et en *entretien simple*.

Le relevé à bout s'exécute en démontant une portion de chaussée. On enlève la forme mélangée de terre, puis on la remplace par du sable neuf, et on établit sur cette nouvelle forme un pavage formé de pavés neufs en partie, et d'anciens pavés dont les dimensions sont encore convenables.

L'entretien simple a pour but de remplacer les pavés cassés et à relever les parties du pavé qui sont enfoncés (flaches). Ce travail exige autant de soin que le relevé à bout pour le travail de la forme et le choix des pavés.

Dans Paris, les relevés à bout s'exécutent dans les quartiers les plus fréquentés de six en six ans; quelquefois, pour les parties exécutées sur mauvais terrain, de trois en trois ans. Dans certaines rues peu fréquentées on est quelquefois vingt ans avant d'exécuter un relevé à bout.

On ne peut rien dire pour l'entretien simple, ce travail est pour ainsi dire de tous les instants. A Paris il est confié à des entrepreneurs qui en acceptent la responsabilité.

Chaussées en empierrement, leur mode d'entretien. Ce n'est que depuis peu de temps qu'on a établi en France un système d'entretien convenable pour ces chaussées; on a d'abord satisfait à ces deux conditions indispensables :

1° L'établissement sur la route d'ouvriers, toujours disposés à l'exécution des travaux;

2° L'approvisionnement des matériaux sur les accotements.

Autrefois l'entretien des chaussées consistait à recharger les chaussées à l'arrivée de l'hiver, et à mélanger ainsi les pierres avec la boue qui couvrait la route. Aujourd'hui, grâce à l'influence des beaux résultats des routes macadamisées, on ne recharge que les parties détériorées de la route et sur de fortes épaisseurs; le travail des cantonniers consiste surtout à enlever la boue après les moments de pluie, à faire écouler les eaux, enfin à combler les ornières.

Pour que la surveillance des travaux soit rigoureuse, les cantonniers, chefs des ouvriers, sont surveillés par des piqueurs, qui le sont eux-mêmes par les conducteurs, et ces derniers par les ingénieurs. GIBON.

RUBIS. On distingue deux sortes de rubis, le rubis proprement dit ou *rubis oriental* et le *rubis spinelle*. Le rubis oriental appartient au genre *corindon* ou *télésie;* c'est de l'alumine sensiblement pure, colorée en beau rouge par de l'acide chromique. C'est le plus dur des corps connus après le diamant, et sa valeur est souvent égale et même quelquefois supérieure à celle de cette dernière pierre précieuse; sa densité est de 3,9 à 4,3. Le rubis spinelle est un composé d'alumine et de magnésie dont la densité est de 3.6 à 3,7 et beaucoup moins estimé que le précédent; on donne le nom de *rubis balai* à une variété de rubis spinelle de qualité inférieure. On donne aussi le nom de rubis à plusieurs pierres précieuses rouges moins estimées que les précédentes; ce sont : 1° le rubis du Brésil ou *topaze rose*, colorée naturellement ou artificiellement au moyen de la chaleur; 2° le rubis de Bohême ou *grenat pyrope;* 3° le rubis de Sibérie ou *tourmaline rouge*.

S

SABLE. On désigne sous le nom de sable les fragments de rochers réduits en particules très petites et parmi lesquelles domine la silice, car les calcaires purs se réduisent en boue ou en poussière par le frottement.

Les sables forment le lit des rivières traversant les pays de formation siliceuse ou granitique; on les appelle alors sables de rivière; on en trouve aussi de grands amas et même des contrées dont le sol est entièrement formé de sables dit sables de carrière.

La propriété des sables de répartir également la pression, d'avoir, par la petite dimension de leurs éléments, des propriétés en quelque sorte voisines de celles des liquides, les fait employer fréquemment dans les constructions. C'est ainsi qu'ils servent dans le pavage et surtout pour le ballastage des chemins de fer. Répandus sur la voie, ils forment un sol sec, compacte et résistant.

Nous avons parlé à divers articles des usages fréquents des sables et de l'exploitation des matières métalliques qui se trouvent quelquefois mélangées avec eux. Voyez FONDERIE DE FER, MORTIER, POTERIES, OR, etc.

SABOT. Armature en fer dont on garnit la pointe des pieux et pilotis qui doivent être enfoncés dans le sol à de grandes profondeurs. Elle a pour but de frayer un passage à la pointe du pieu et de l'empêcher de s'émousser.

SAFRAN. Les stigmates de la fleur du *crocus sativus*, connus dans le commerce sous le nom de safran, sont employés comme couleur d'origine végétale et nullement nuisible à colorer en jaune, particulièrement par les confiseurs et dans la préparation de quelques aliments.

SAFRE. Voyez COBALT.

SAGOU. Espèce d'amidon tirée de la moelle des rameaux du sagou, arbre qui croît aux Moluques et aux Philippines. Après avoir été séparé par lévigation comme la fécule, le sagou est séché rapidement sur le feu dans une bassine de cuivre. Il s'emploie pour la confection des potages.

SALEP. Espèce d'amidon extraite de racines de plantes de la famille des *orchidées*. Très renommée dans le Levant, elle vient surtout de la Perse et de l'Asie-Mineure, s'emploie comme substance alimentaire sous forme de bouillie préparée soit avec de l'eau, soit avec du lait.

Digitized by Google

SALIN. Voyez POTASSE.

SALINE. Voyez MARAIS SALANTS et SEL GEMME.

SALPÊTRE. Voyez NITRE et POUDRE.

SANTAL. Bois rouge provenant du *pterocarpus santalinus*, qui croît à Ceylan et sur la côte de Coromandel. Il sert dans la teinture. Voyez TEINTURE.

SANDARAQUE. Résine provenant du *thina articulata*, arbrisseau de la famille des conifères, croissant dans le nord de l'Afrique. Elle est employée en poudre pour empêcher l'encre de s'étendre sur le papier dont la surface collée a été enlevée par le grattoir. Elle entre aussi dans la composition de quelques vernis.

SANG. Le sang, composé essentiellement de fibrine, a été longtemps employé dans les raffineries de sucre et autres, pour clarifier les sirops dont il enlevait toutes les impuretés en formant comme un réseau en se coagulant. Aujourd'hui le sang de bœuf, qui n'est plus employé à cet usage, est desséché dans les abattoirs (voyez ÉCARRISSAGE) et forme un ENGRAIS très énergique sous un petit volume, très convenable pour les cultures riches et spécialement pour la canne à sucre.

SANG-DRAGON (*angl.* dragon's blood, *all.* Drachenblut). Résine d'un brun-rouge en morceaux, d'un rouge brillant en poudre. Provient de plusieurs arbres et notamment du *dracœna draco*, du *pterocarpus draco*, etc. S'emploie pour colorer certains vernis de térébenthine, pour préparer une laque rouge, etc.

SANGUINE. Variété de fer oxyde rouge. Voyez BRUNISSOIR, CRAYONS, FER.

SAPHIR. Le saphir oriental est une pierre précieuse, appartenant à l'espèce *corindon* ou *télésie*, et composé presque exclusivement d'alumine pure comme le RUBIS, dont il ne diffère que par sa couleur qui est bleue ou blanche, et par son prix moins élevé. On a aussi improprement donné le nom de saphir à plusieurs autres pierres bleues de moindre valeur, telles que la *tourmaline bleue* du Brésil, la *chaux fluatée bleue*, le *quarz bleu* de Bohême, et le *disthène bleu* du Saint-Gothard. Le *saphir d'eau* est un silico-aluminate de magnésie, qui vient de l'île de Ceylan et qui appartient à l'espèce *cordiérite* ou *dichrotte*.

SAPIN. Voyez PIN.

SARRASIN. Le *sarrasin* ou *blé noir* est une plante de la famille des céréales, dont le grain est surtout employé pour la nourriture des animaux de basse-cour. Dans quelques contrées pauvres, il est réduit en farine et transformé en galettes qui servent à l'alimentation des habitants.

SAS. Voyez CANAL et ÉCLUSE.

SATIN. Voyez TISSAGE.

SATINAGE. Voyez PAPIER.

SAVON (*angl.* soap, *all.* seife). Les beaux travaux de M. Chevreul sur les corps gras ont montré que ceux-ci étaient de véritables sels formés par la combinaison des acides gras, les acides *stéarique*, *margarique* et *oléique*, avec une base, la *glycérine*. Lorsqu'on chauffe ces corps avec un alcali caustique en dissolution dans l'eau, on les décompose et on obtient des sels alcalins qui constituent les savons. Les carbonates alcalins produisent le même effet, mais plus lentement. La réaction a lieu presque instantanément, lorsqu'au lieu d'employer une dissolution aqueuse d'alcali on la dissout dans l'alcool. Un grand nombre d'autres bases, telles que la chaux, les oxydes de plomb, de cuivre, etc., sont également susceptibles de se combiner avec les corps gras et de former de véritables savons, qui sont pour la plupart insolubles. Dans cet article, nous ne nous occuperons que de la fabrication des *savons proprement dits*, c'est-à-dire de ceux à base de potasse et de soude. On distingue dans le commerce deux classes de savons : les savons durs, qui sont tous à base de soude, et les savons mous, qui sont à base de potasse.

SAVONS DURS. Ces savons sont tous à base de soude. La matière grasse qui sert à les préparer est, dans le nord de l'Europe, le suif, l'huile de palme et l'huile de coco ; dans les pays méridionaux, les huiles d'olives et de sésame. Autrefois, lorsqu'on ne trouvait dans le commerce que les soudes dites d'Alicante, obtenues par le lessivage des cendres des végétaux marins, et avant qu'on sût les préparer de toutes pièces par les procédés que nous décrirons à l'article SOUDE, pour obtenir des savons durs, c'est-à-dire à base de soude, on saponifiait, dans beaucoup de localités, les matières grasses ci-dessus avec de la potasse ou des lessives de végétaux terrestres, puis on décomposait, par le sel marin, le savon mou à base de potasse ainsi obtenu ; il se forme un savon à base de soude qui se réunit en grumeaux à la surface du bain, et du chlorure de potassium qui reste dissous. Ce procédé est encore employé dans quelques parties de l'Allemagne, tandis qu'en France et en Angleterre, le prix des soudes artificielles notablement inférieur à celui des potasses l'a complétement fait abandonner.

La préparation des lessives caustiques se fait dans des cuviers à double fond en bois ou en fonte. Après avoir éteint la chaux et l'avoir amenée à l'état de masse pâteuse, on la mélange avec de la potasse ou de la soude pulvérisée, souvent aussi avec des cendres de végétaux afin d'obtenir un mélange plus poreux ; on introduit ensuite le tout sur le double fond du cuvier préalablement recouvert d'un lit de paille. On y verse de l'eau jusqu'à ce que la chaux en soit recouverte de $0^m,10$ environ ; on laisse reposer pendant quelques heures ; on laisse ensuite la liqueur s'écouler lentement par un robinet placé sous le double fond inférieur, dans une cuve en bois, d'où on la retire à l'aide d'une pompe pour la faire repasser sur la chaux, jusqu'à ce que l'alcali soit presque entièrement décarbonaté ; on n'y arriverait d'une manière complète qu'en employant une quantité d'eau notablement plus considérable que celle qui est généralement employée, et en obtenant par suite une dissolution plus étendue. Pour décarbonater 1 p. de potasse ou de soude du commerce, on emploie environ 1/2 p. de chaux vive. La chaux qui a servi est lavée avec de nouvelle eau et donne une lessive très faible qui est employée en lieu et place d'eau pure dans une opération subséquente.

La saponification s'exécute dans des chaudières qui ont la forme d'un tronc de cône renversé terminé par un fond hémisphérique à sa partie inférieure. La profondeur est environ une fois et demie son diamètre à l'ouverture. La partie hémisphérique inférieure, qui est seule en contact avec le feu, est en fonte ou en forte tôle ; la partie conique supérieure est tantôt également en tôle, tantôt en douves de bois cerclées et enclavées dans une maçonnerie solide.

L'huile d'olive que l'on emploie généralement en France, est obtenue en pressant à chaud des marcs déjà épuisés par une pressée à froid ; c'est la dernière qualité.

Dans la chaudière, au quart remplie de lessive faible, on verse peu à peu l'huile à saponifier et l'on fait bouillir le mélange. Il se produit d'abord une émulsion provenant d'un savon avec excès d'huile en suspension dans la lessive faible ; on ajoute successivement de la lessive faible et de l'huile, en ayant soin de modérer le feu et de tenir toujours la masse presque empâtée, bien homogène, sans que l'on puisse percevoir de la lessive au fond ou de l'huile à la surface. Quand toute l'huile à saponifier a été introduite, on ajoute peu à peu de la lessive forte, pour convertir le savon avec excès d'huile en savon parfait qui, moins soluble que le premier, surtout quand la lessive contient du sel marin, ce qui est toujours le cas lorsqu'on a employé les soudes brutes du commerce pour les préparer (sans cela il faudrait en introduire dans la lessive pour faciliter la séparation du

Digitized by Google

savon, mais seulement après l'empâtage, et immédiatement avant l'épinage), se sépare de la lessive et vient nager à la surface. La liqueur qui occupe le fond de la chaudière contient le sulfate de soude, le carbonate de soude et le sel marin que renfermaient la soude employée, ainsi que l'excès de soude ajouté. On laisse tomber le feu, et on retire la liqueur par le moyen d'un tuyau ou *épine* placé au fond de la chaudière: on ajoute alors de nouvelle lessive caustique et concentrée en excès, on rallume le feu et on concentre par l'ébullition, jusqu'à ce que la lessive ait une densité de 1,15 à 1,20. En cet état le savon est noir et ne contient plus que 16 p. 100 d'eau environ; il doit cette couleur à un savon d'alumine et de fer produit lors de l'empâtage, qui se dissout dans la masse et qui se colore par l'action qu'exerce sur lui le sulfure de sodium, que renferment les lessives, et l'hydrogène sulfuré qui se dégage pendant l'empâtage.

Ensuite on traite différemment le savon obtenu, suivant que l'on veut fabriquer du *savon blanc* ou du *savon marbré* :

Dans le premier cas, on délaie le savon à une température modérée, dans des lessives faibles, et on laisse déposer lentement en recouvrant la chaudière. Le savon d'alumine et de fer se sépare par refroidissement et gagne le fond de la chaudière; on enlève alors le savon blanc qui surnage, on le coule dans des *mises* et, après qu'il s'est pris en masse, on le divise en tables de dimensions convenables en le découpant avec un fil métallique.

Dans le second cas, on ajoute une moindre quantité d'eau, suffisante seulement pour que le savon d'alumine et de fer puisse se séparer en veines bleues, mais non complétement, et on le coule dans les mises aussitôt que l'eau ajoutée y a été exactement incorporée. M. d'Arcet a employé avec succès du savon de plomb pour obtenir de très beau savon marbré. Dans tous les cas, le sulfure métallique se transforme en oxyde à la surface des tables de savon par l'action de l'air; et par suite la marbrure y disparaît et ne se reconnaît que sur une coupe fraîche; on peut aisément la faire reparaître, en plongeant la tablette de savon dans une légère dissolution de sulfure alcalin.

Le savon marbré renferme environ 30 p. 100 d'eau; il est plus dur que le savon blanc, mais moins pur; cependant, comme il ne peut prendre une plus forte proportion d'eau, il est généralement préféré dans le commerce au savon blanc, qui en renferme habituellement 40 à 50 p. 100, et qui, étant susceptible d'en absorber encore une quantité beaucoup plus considérable, se prête facilement à la fraude.

Les savons de suif, d'huiles de palme, d'amandes douces, de noix de coco, etc., s'obtiennent d'une façon analogue.

Pour fabriquer du *savon jaune*, on opère d'abord comme s'il s'agissait de faire du savon avec du suif et de la soude; puis, lorsque la saponification est achevée, c'est-à-dire lorsque la lessive ajoutée n'est plus absorbée et conserve, malgré une ébullition prolongée, toute sa causticité, on ajoute de la résine grossièrement pulvérisée en plus ou moins grande quantité, suivant la proportion qu'on veut en introduire dans le savon, et on brasse jusqu'à incorporation complète, la pâte se colore en jaune, et elle perd de son liant; on soutient pendant quelque temps l'ébullition avec un excès de lessive; quand la pâte acquiert, par le refroidissement, une consistance solide, et que, délayée avec un peu d'eau, elle ne laisse dans les mains aucun enduit résineux, le savon est achevé; on procède alors à l'épinage, puis à l'épuration de la pâte, ce qui se fait ordinairement en transvasant la cuite dans une autre chaudière, où l'on a versé quelques seaux de lessive à 8°, chauffant, brassant, laissant reposer, puis épinant de nouveau; on répète successivement la même série d'opérations avec des lessives à 4° et à 2°; on laisse enfin reposer une dernière fois, et on coule dans les mises. Le savon de résine, lorsqu'il est bien fabriqué, doit être d'un beau jaune de cire, surtout si l'on a ajouté au suif un peu d'huile de palme; il est translucide sur les bords et se dissout très aisément dans l'eau. Cette solution donne une mousse très abondante par l'agitation, même avec les eaux de puits ou de rivière.

Quelle que soit la matière que l'on saponifie, on ne dose jamais d'avance la quantité d'alcali nécessaire; on l'ajoute d'après les besoins mêmes de l'opération.

Les *eaux d'épinage* contiennent une très forte proportion de sels alcalins; M. d'Arcet, dont les sciences et l'industrie regrettent encore la perte récente, avait imaginé, pour en tirer parti, un moyen excessivement simple et ingénieux, que nous ne pouvons passer sous silence : ce moyen consiste à faire daller et couvrir d'un toit un grand carré de jardin, sur lequel on accumule le carbonate de chaux provenant de la caustification des lessives; on bêche et on arrose chaque jour ce sol factice avec les eaux d'épinage; celles-ci s'évaporent en laissant la craie imprégnée des sels alcalins qu'elles renfermaient, et, au bout d'un certain temps, il suffit d'ajouter une certaine quantité de charbon pour former un mélange susceptible de produire de la SOUDE *artificielle* (voyez SOUDE); par ce simple procédé, M. d'Arcet obtint en une seule année, dans la savonnerie qu'il dirigeait, une augmentation de bénéfices de 15.000 fr. environ.

SAVONS MOUS. Les savons mous, dits *savons noirs* ou *savons verts*, sont naturellement bruns-jaunâtres; en y ajoutant une certaine quantité d'indigo, ils deviennent verts; ils sont toujours à base de potasse et généralement faits avec les huiles les moins chères, telles que les huiles de graines. L'empâtage et la coction se font, comme pour les savons à base de soude, en employant des lessives de plus en plus fortes au fur et à mesure que la saponification avance; lorsque celle-ci est terminée, et que le savon est devenu transparent, on l'amène à la consistance convenable par l'évaporation, et on le coule dans des tonneaux. Le savon noir a à peu près la consistance du miel; il est beaucoup plus alcalin que les savons durs, ce qui est une conséquence de sa nature même et de la manière dont il a été préparé; c'est, en un mot, un savon parfait dissous dans un excès de lessive alcaline. En résumé, il est plus aisément soluble, plus alcalin et meilleur marché que les savons durs; il renferme environ 50 p. 100 d'eau.

SAVONS DE TOILETTE. Les savons de toilette se préparent, comme ci dessus, avec du suif, de la graisse de porc, de l'huile de palme ou de noisette, et de la potasse ou de la soude, suivant que l'on veut obtenir des savons mous ou durs; on les aromatise ensuite avec diverses essences que l'on y mêle quand le savon est fondu à une basse température.

Parmi les savons de toilette, dont le nombre est presque infini, nous mentionnerons les suivants :

Savon de Windsor. Ce savon se fabrique avec du suif de mouton ou de la graisse d'os, purs ou mélangés d'axonge ou mieux d'huile d'olive, dont la proportion s'élève quelquefois jusqu'à 30 p. 100; on saponifie, comme à l'ordinaire, par une lessive de soude caustique. Lorsque la saponification est terminée, et que la pâte, en se séparant des lessives, devient grumeleuse, on y ajoute environ 1 pour 100 d'un mélange de :

Essence de carvi.	4 p.
— de lavande.	1
— de romarin.	1

On mélange bien les essences et la pâte, en ayant soin de ne pas toucher aux lessives qui se trouvent au fond; on attend encore deux heures, et on coule dans

Digitized by Google

les mises. Vingt-quatre heures après, la masse est solidifiée, et peut être divisée en tablettes susceptibles d'être livrées au commerce.

Savon à la rose. Ce savon se fabrique en fondant ensemble, dans des bassines chauffées à la vapeur ou au bain-marie, 6 parties de savon d'huile d'olives, 4 p. de savon de suif et 1 p. d'eau; on l'aromatise, en ajoutant à la pâte fondue, à la température de 70° C, environ 1 pour 100 d'un mélange de :

Essence de rose	6 p.
— de girofle.	2
— de cannelle	2
— de bergamotte	5

On peut le colorer en y incorporant 1/60 de vermillon.

Savon au bouquet. Ce savon fait avec du suif se colore avec 1/70 d'ocre brun, et s'aromatise avec 1 1/2 pour 100 environ d'un mélange de :

Essence de bergamotte. . . .	8 p.
— de girofle.	2
— de néroli.	1
— de sassafras.	2
— de thym.	2

Savon d'amandes amères. Ce savon est un beau savon blanc de suif auquel on ajoute 1 p. 100 d'essence d'amandes amères.

Savons légers. Ces savons sont tous obtenus avec des huiles; la pâte est saponifiée comme à l'ordinaire; on y ajoute 1/7 à 1/8 de son volume d'eau, on agite le mélange vivement et sans interruption, jusqu'à ce que la masse en moussant ait doublé de volume, et on la verse alors dans les mises.

Savons transparents. Ces savons, qui ont été inventés en Angleterre, se fabriquent maintenant en France avec une perfection et une économie telles qu'on en exporte actuellement des quantités considérables à l'étranger, même pour l'Angleterre. Ils se font comme il suit : on chauffe dans un alambic ordinaire un mélange à poids égal d'alcool et de savon de suif, coupé en copeaux et parfaitement desséché dans une étuve; un serpentin convenablement disposé permet de condenser l'alcool au fur et à mesure qu'il distille. On maintient le mélange à une douce température, jusqu'à ce que le tout soit parfaitement liquide; on arrête alors le feu, on laisse reposer, et au bout de quelques heures on coule la masse limpide dans les mises. Le savon ainsi fabriqué n'acquiert une transparence parfaite que lorsque le produit est bien sec, ce qui exige souvent au moins trois semaines. On colore fréquemment ces savons en rose par une dissolution alcoolique concentrée d'orseille, et en jaune foncé par une dissolution de curcuma.

Savon mou. Le savon de toilette mou ou *crème de savon* se prépare avec la plus grande facilité : on mélange 2 p. de graisse de porc ou *axonge* avec 3 p. d'une lessive de potasse caustique, marquant 17° au pèse-sel; on porte peu à peu la température du mélange à l'ébullition, et on l'y maintient jusqu'à ce que l'empâtage soit parfait; on active alors l'évaporation de l'eau en excès, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs abondantes et que la pâte devienne trop épaisse pour être brassée aisément; quand le savon est bien fabriqué il doit être d'un blanc de neige éclatant.

ESSAI ET COMPOSITION DES SAVONS. On détermine la quantité d'eau que renferme un savon, en le divisant en raclures très minces que l'on enlève en quantités proportionnelles aux masses sur les bords et dans le centre des tablettes; on en pèse aussitôt 5 à 10 grammes que l'on chauffe au bain d'huile ou dans une étuve sèche à 100°, jusqu'à ce que la matière cesse de perdre de son poids; la différence entre la première et la dernière pesée donne la quantité d'eau évaporée. Lorsqu'on essaie un savon mou on opère dans une capsule plate et tarée. On dose l'alcali par un essai alcalimétrique (voyez ALCALIMÉTRIE) en dissolvant préalablement le savon dans 15 p. d'eau bouillante; on ajoute ensuite au mélange saturé 1 p. de cire blanche pure et exempte d'eau, on chauffe jusqu'à liquéfaction complète, on laisse figer, on dessèche et on pèse le gâteau de cire : l'augmentation de poids de la cire représente les matières grasses du savon. Le chlorure de platine versé dans la dissolution sulfurique permet de reconnaître si le savon est à base de potasse de soude, ou de potasse et de soude à la fois et, avec l'essai alcalimétrique, sert à en reconnaître les proportions. Enfin, si le savon est pur, il doit être complétement soluble à chaud dans l'alcool.

Nous terminerons cet article en donnant la composition d'un certain nombre de savons, analysés par les méthodes ci-dessus.

Savon en table, blanc, de Marseille, d'après M. Thénard.

Soude.	0,046
Matières grasses.	0,502
Eau.	0,452
	1,000

Savon marbré de Marseille.

	(Thénard.)	(D'Arcet.)
Soude.	0,06	0,06
Matières grasses.	0,64	0,60
Eau.	0,30	0,34
	1,00	1,00

Savon d'huile de noix de coco, d'après Ure.

Soude.	0,045
Matières grasses.	0,220
Eau.	0,735
	1,000

Savon blanc ordinaire de Glascow, d'après Ure.

Soude.	0,064
Matières grasses.	0,600
Eau.	0,336
	1,000

Savon de Castille, d'une densité de 1,0705, d'après Ure.

Soude.	0,090
Matières grasses huileuses. . . .	0,765
Eau et matière colorante. . . .	0,145
	1,000

Savon de Castille, d'une densité de 0,9669, fabriqué en Angleterre, d'après Ure.

Soude.	0,105
Matières grasses d'une consistance pâteuse.	0,752
Eau et matière colorante. . . .	0,143
	1,000

Savon blanc de toilette, superfin, d'après Ure.

Soude.	0,09
Matières grasses.	0,75
Eau.	0,16
	1,00

Savon marbré vieux, d'Allemagne, d'après Heeren.

Soude.	0,0855
Potasse.	0,0177
Matières grasses.	0,8125
Eau.	0,0843
	1,0000

Digitized by Google

Savon de résine, jaune, de Glascow, d'après Ure :

Soude	0.065
Matières grasses et résine	0.700
Eau	0,235
	1,000

Savon demi-dur, de Verviers, pour le foulage des laines, d'après Ure.

Potasse	0,115
Matières grasses solides	0.620
Eau	0,265
	1,000

Savon mou de Marseille, d'après Thénard.

Potasse	0.095
Matières grasses huileuses	0,440
Eau	0,465
	1,000

Savon mou de Londres, d'après Ure.

Potasse	0,085
Matières grasses	0,450
Eau	0,465
	1,000

Savon mou de Belgique, d'après Ure.

Potasse	0,07
Matières grasses huileuses	0,36
Eau	0,57
	1,00

Savon mou d'Écosse, d'après Ure.

	1)	2)
Potasse	0 08	0,09
Matières grasses	0,47	0,34
Eau	0.45	0,57
	1,00	1,00

Savon mou d'huile d'olives, d'Écosse, d'après Ure.

Potasse	0,10
Matières grasses huileuses	0,48
Eau	0,42
	1,00

Savon mou d'huile de navette, d'Écosse, d'après Ure.

Potasse	0,1000
Matières grasses huileuses	0,5167
Eau	0,3833
	1,0000

SCELLEMENT. On entend par scellement la réunion à demeure du bout d'une pièce de métal ou de bois, avec la pierre ou avec une partie de mur. Pour opérer cette réunion, on creuse dans la pierre ou dans le mur une cavité d'une certaine profondeur et plus large que la section de la pièce à sceller ; puis, après y avoir logé la pièce, on remplit les intervalles libres au moyen de substances pouvant se liquéfier et acquérir ensuite une consistance plus ou moins dure.

Les substances que l'on emploie le plus ordinairement sont : le plâtre, le soufre, les mastics de fonte, le ciment romain et le plomb.

Le plâtre, gâché en pâte liquide, et le soufre fondu forment d'excellents scellements, car ils adhèrent plus ou moins fortement aux matières, et comme ils augmentent de volume en passant de l'état liquide à l'état solide, ils remplissent très bien tous les vides et ne permettent aucun jeu à la pièce scellée.

Les ciments purs et les mastics de fonte font aussi de très bons scellements, mais ils doivent être comprimés avant leur entière solidification.

Le plomb fondu éprouve un retrait en passant de l'état liquide à l'état solide ; il doit donc être *matté* fortement pour remplir les vides et produire un scellement solide.

On peut aussi employer les mastics bitumineux qui sont très adhérents et acquièrent une très grande dureté tout en conservant une certaine élasticité.

De toutes ces substances, le plâtre seul s'altère à l'humidité ; il ne doit donc être employé que dans les endroits secs.

Le plâtre et le ciment sont seuls employés pour sceller le bois, parce qu'ils sont plus économiques et d'un emploi plus facile.

Le plomb sert seul à sceller les pièces qui sont soumises à des chocs, car le plâtre, le soufre et les ciments s'égrènent par la percussion.

Lorsque l'on veut sceller une pièce dans un mur, il faut y faire une excavation beaucoup plus large que l'espace nécessaire pour loger la pièce, puis maçonner avec du plâtre ou du ciment, après avoir eu soin de mouiller tout l'intérieur de l'excavation pour que les ouvrages anciens et nouveaux se relient.

Les métaux que l'on a ordinairement à sceller sont la fonte et le fer. S'il s'agit de fonte, la partie à sceller doit avoir la forme d'un tronc de pyramide, et autant que possible on y ménage quelques aspérités ou saillies ; s'il s'agit de fer, le bout de scellement doit être non seulement refoulé pour être renflé un peu vers sa base, mais encore on doit y faire des *barbelures*, ou entailles sur les angles, dont les ouvertures soient tournées vers l'orifice du trou de scellement.

L'excavation à faire dans la pierre doit également avoir une forme pyramidale, excepté la partie supérieure qui doit être cylindrique. Quant à sa profondeur, elle dépend de la qualité de la pierre et des efforts que doit supporter le scellement ; dans les pierres dures, elle varie de 8 à 9 centimètres, et dans les demi-dures, de 10 à 15 centimètres.

Pour faire les scellements en plâtre, on remplit simplement l'excavation jusqu'à fleur de la pierre ; mais s'il s'agit d'un scellement en plomb, on entoure l'excavation d'un petit bourrelet en terre de 1 à 2 centimètres, et on coule le plomb jusqu'à hauteur de ce bourrelet ; dès que le métal est solidifié, on le matte fortement pour faire entrer dans le trou la plus grande partie possible de l'excédant. C.....

SCIE (*angl.* saw, *all.* sæge). La scie est un instrument bien connu sur lequel nous n'aurons ici que peu de choses à dire, les scieries mécaniques faisant l'objet d'un article séparé. Les lames de scie sont en acier laminé trempé très dur, et portant sur l'un de ses côtés des dents bien égales faites soit à la mécanique, soit à la main avec un tiers-point. La plupart des scies n'opèrent que dans un sens, aussi leur denture est généralement non symétrique. Les dents adoptées par les scieurs de long sont crochues et inclinées dans un sens ; on les fait avec une lime ronde. Dans les scies à chantourner, on adopte une denture symétrique en triangle équilatéral, et on les affûte en tenant le tiers-point perpendiculaire à la lame ; elles scient en montant et en descendant. Les scies employées pour débiter le bois vert et le bois de chauffage, ont également des dents en triangle équilatéral, mais on taille les côtés en biseau court. Pour le bois sec, l'ivoire, les métaux, la denture n'est pas symétrique, les dents sont en triangle rectangle, couché sur la partie plane de la lame suivant le plus long des côtés de l'angle droit ; elles sont affûtées en tenant le tiers-point perpendiculaire à la lame, et ne mordent que dans un sens. Les scies pour les pierres tendres et le placage ont une denture de même forme que les précédentes, à cela près, que les dents sont espacées par des parties planes de la longueur de deux ou trois dents, et qui forment des vides servant à faciliter

Digitized by Google

le dégagement de la sciure : elles sont animées d'un mouvement très rapide. Enfin certaines scies, pour les pierres dures, n'ont pas de dents.

Pour faciliter le dégagement de la sciure, on donne généralement de la *voie* aux scies, c'est-à-dire qu'on en incline plus ou moins les dents alternativement d'un côté et de l'autre du plan de la lame. Dans quelques scies à main, au lieu de donner de la voie aux dents, on produit un effet analogue en employant pour la confection des bandes d'acier dont l'épaisseur va en diminuant des dents au dos de la lame. Les scies à bois ont moyennement de 2 à 3 dents au centimètre courant, les scies à cuivre 3 1/2 à 4 dents, et les scies à fonte et fer 5 dents.

Certaines scies à lames courtes et épaisses s'emmanchent comme des limes. Les autres scies se montent par leurs extrémités dans un châssis de forme variable, mais toujours disposé de telle sorte que l'on puisse faire varier à volonté la tension de la lame et l'empêcher de plier. Dans les scies à chantourner, les lames sont fixées à des pièces cylindriques qui peuvent tourner parallèlement à l'axe des lames, dans des manchons annulaires qui font partie des châssis ; cette disposition permet de faire tourner la lame sur elle-même, et de lui faire suivre des courbes quelconques. Nous terminerons en observant que les bonnes lames de scie doivent être parfaitement élastiques et sonores ; on doit avoir soin, avant de les emmancher, de les détremper aux deux bouts, en les faisant recuire, parce qu'elles sont sujettes à se rompre à l'endroit où elles cessent d'être pincées dans les montants.

Nous ne parlerons pas ici des scies à plusieurs lames et des scies circulaires, qui appartiennent essentiellement à la scierie mécanique.

SCIERIE MÉCANIQUE. L'emploi de machines pour scier et débiter les bois s'étend de plus en plus depuis quelques années ; les perfectionnements continuellement apportés dans leur construction ont permis de les appliquer avec succès à la fabrication des ouvrages les plus difficiles : les moulures, les parquets, les roues de voiture, les tonneaux, les poulies, etc., s'exécutent maintenant, au moyen de machines, avec une précision et un fini vraiment admirables. Les moteurs inanimés tendent, en un mot, à se substituer presque entièrement au travail manuel pour éviter aux hommes la plus grande partie des pénibles efforts qu'exigeait autrefois la mise en œuvre des matières dures. L'emploi de *scies* de différentes formes aura puissamment concouru à ce résultat, et l'on peut même dire, en général, que le travail mécanique des bois est d'autant plus perfectionné qu'il exige moins souvent l'emploi des autres instruments.

Nous ne décrirons ici que les scieries proprement dites, indépendamment du moteur qui les met en mouvement, et sans entrer dans les détails relatifs à leur application à des ouvrages particuliers, comme la fabrication des tonneaux, etc.

Les scieries sont mises en mouvement par des chutes d'eau, des machines à vapeur, ou par le vent. Ce dernier moteur est employé à cet usage, en Hollande, de temps immémorial. Nous partagerons ces machines en deux grandes classes : les scieries à mouvement alternatif, dans lesquelles le mouvement de la scie est plus ou moins analogue à celui que les ouvriers impriment ordinairement à cet instrument, et les scieries à mouvement continu, comprenant les scies circulaires, dont l'usage se répand de plus en plus, et quelques autres dispositions rarement employées. La première classe étant jusqu'à présent la plus importante, nous devons en parler avant de nous occuper de la seconde.

§ I. *Scieries à mouvement alternatif.* Il existe en Suisse, dans quelques parties de la France, et en général dans les pays où il y a des forêts et de nombreux cours d'eau, des scieries mécaniques d'une construction très simple, et qui montrent à la fois les premiers efforts de l'art et les perfectionnements réalisés dans nos scieries bien montées. Les scieries dont nous parlons se composent simplement d'une roue hydraulique construite aussi grossièrement que possible, tournant avec une grande vitesse, et qui met en mouvement un arbre coudé réuni par une bielle à l'une des extrémités d'un balancier, dont l'autre extrémité supporte, au moyen d'une seconde bielle, le châssis de la scie, guidé dans son mouvement vertical de *va-et-vient* par des coulisses en bois. La pièce de bois à débiter est fixée sur un chariot qui roule sur deux poutres horizontales et qui s'avance d'une certaine quantité, à chaque coup de scie, par l'action d'une crémaillère, ou même d'une corde, qui s'enroule sur un treuil commandé par une roue à rochet, conduite elle-même par un doigt ou *cliquet* qui est mû par le châssis de la scie ou le balancier qui la met en mouvement. Nous ne donnons pas le dessin de ces scies peu perfectionnées, parce que leur disposition doit varier avec les localités où elles sont établies, et que d'ailleurs les détails dans lesquels nous allons entrer sur les machines plus parfaites feront facilement comprendre, à ceux qui auraient des machines provisoires à établir auprès des forêts, les dispositions à adopter pour exécuter, presque sans frais, un mécanisme simple et fonctionnant cependant assez convenablement.

Les lames des anciennes scieries étaient toujours mises en mouvement, comme nous venons de l'indiquer, par l'intermédiaire d'un balancier oscillant autour d'une position horizontale. Cette disposition occupait beaucoup de place, et présentait d'ailleurs quelques autres inconvénients qui l'ont fait complétement abandonner. Dans les scieries que l'on établit maintenant, le châssis porte-lame est mis en mouvement par une ou deux bielles fixées directement aux boutons de manivelle de l'arbre moteur. Nous allons décrire cette dernière disposition en prenant pour exemple une scierie à débiter les bois en grume, établie par M. E. Philippe, qui s'occupe depuis longtemps, et avec succès, du travail des bois à la mécanique.

La machine est représentée de côté par la fig. 2245, et de face par la fig. 2246. Les mêmes lettres sont d'ailleurs affectées aux mêmes pièces dans ces deux dessins. Le cadre de la scie, formé de quatre pièces de bois assemblées, est soutenu dans son mouvement vertical alternatif par quatre coulisseaux en fonte ou en bronze, fixés aux extrémités des traverses horizontales *aa'* et *bb'*, qui glissent dans des rainures formées de pièces de bois très dur, boulonnées le long du bâti en fonte, *c*, *d*, *e*, *f*. Des vis calantes, convenablement disposées, permettent de régler l'écartement de ces pièces de bois de manière que le mouvement du châssis soit toujours facile, et ne présente cependant aucun jeu. Les bâtis en fonte, *c*, *d*, *f*, sont fixés à leur partie inférieure sur un massif de maçonnerie, et réunis à leur partie supérieure par une corniche qui supporte deux pièces de fonte *g*, *h*, dans lesquelles sont encastrés les coussinets de l'arbre moteur. La grande hauteur du bâti dont nous venons de parler rend nécessaire un point d'appui L, à la partie supérieure de la machine.

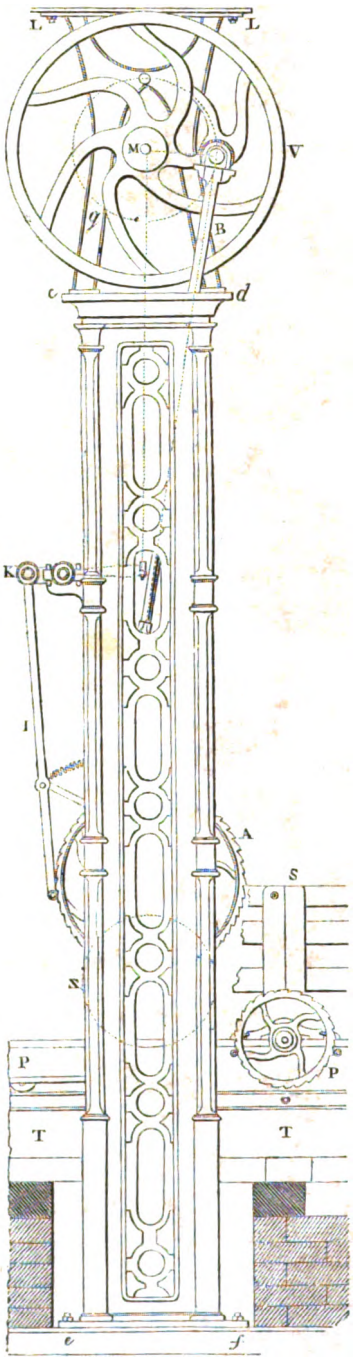
L'arbre moteur M porte une poulie fixe N, qui lui transmet le mouvement, et une poulie folle N', qui reçoit la courroie motrice pendant les moments d'arrêt. Les volants V, fixés aux deux extrémités de cet arbre, portent des boutons de manivelle sur lesquels sont fixées les bielles B, qui, réunies au châssis de la scie par leur autre extrémité, lui transmettent le mouvement de *va-et-vient* dont il doit être animé.

L'arbre à débiter est fixé sur un chariot P P S, porté sur des poulies et des galets qui roulent sur deux rails en fonte parfaitement dressés, et solidement éta-

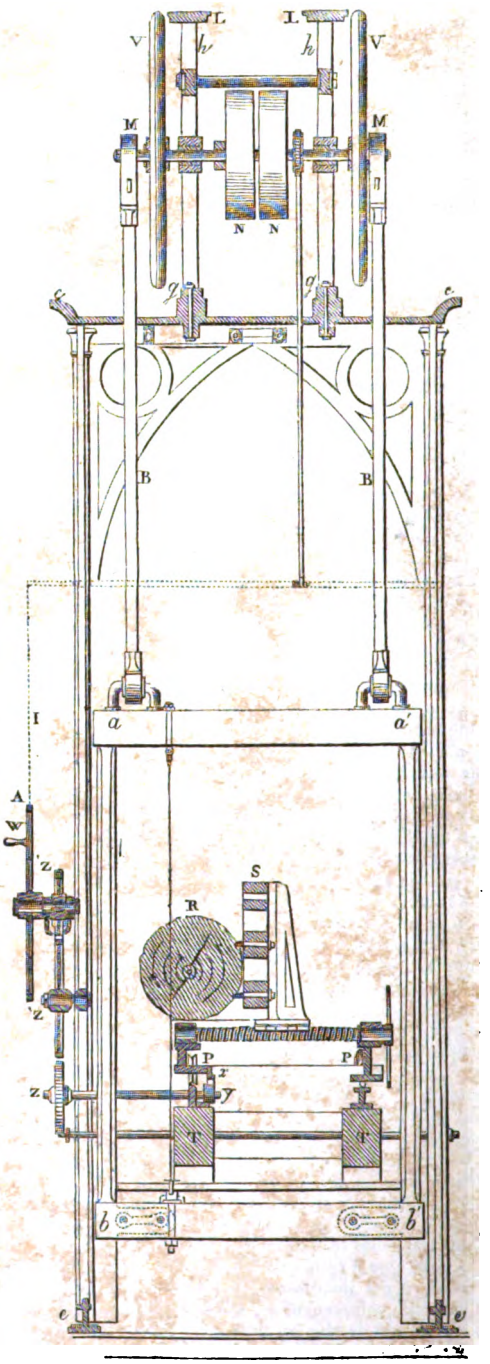
Digitized by Google

blis sur des pièces de bois T, T, qui reposent sur des massifs en maçonnerie. Ce chariot, représenté en élévation, à une plus grande échelle, par la fig. 2247, est

mer. Il est formé de deux pièces de fonte de 7 à 8 mètres de longueur P, P, ayant la forme d'un double T, et solidement réunies par des traverses boulonnées. La



2245.



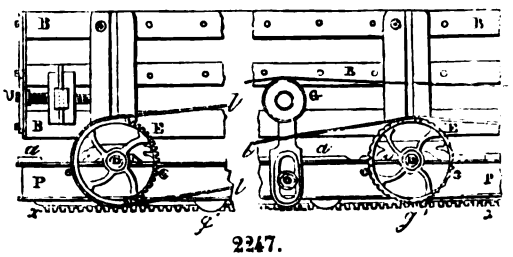
2246.

une des parties les plus importantes de la machine. Nous devons décrire avec soin sa construction et les différents mouvements qu'il est nécessaire de lui impri-

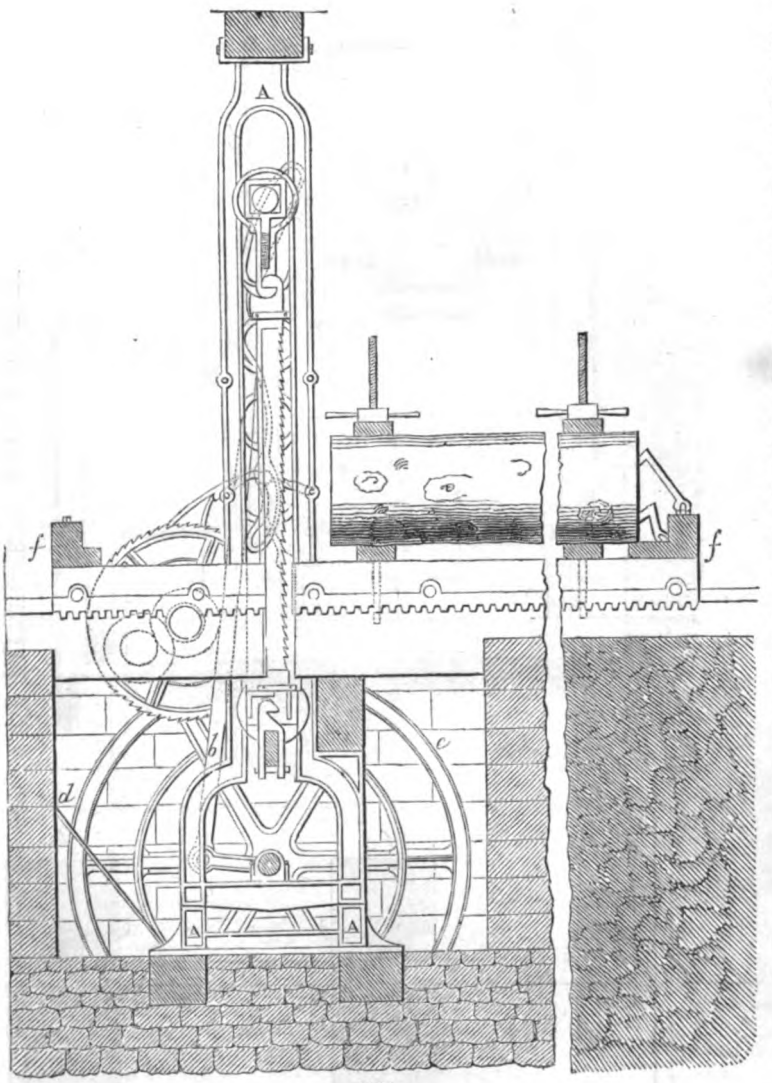
pièce de bois R est placée sur des traverses *a*, fixées sur ces pièces de fonte. Les galots *g*, fixés de place en place à la traverse de gauche, ont une gorge et embras-

Digitized by Google

sent le rail (fig. 2246) sur lequel ils roulent, afin d'assurer le parallélisme du mouvement de translation, dont nous parlerons plus loin. Les galets *y*, fixés de l'autre côté, sont au contraire à surface unie. Trois poupées en fonte



2247.



2248.

s, réunies par des madriers en bois B, percés de trous à travers lesquels passent les tire-fonds *d*, qui fixent la pièce à débiter, sont établies sur le chariot dont nous venons de parler. Ces poupées servent à faire avancer transversalement la pièce de bois, quand le chariot a été ramené à sa position initiale, pour que la scie puisse découper une nouvelle tranche. Ce mouvement transversal est produit par des vis D, engagées dans des écrous H (fig. 2246), fixés aux poupées. Des roues dentées E, sur lesquelles passe une chaîne sans fin *l*, *l*, forment les têtes des vis D, et rendent solidaires leurs mouvements de rotation ; de sorte que les trois poupées avancent toutes à la fois de la même quantité. Le rouleau G sert à donner à la chaîne *l*, *l*, une tension convenable. Les poupées portent des oreilles dans lesquelles s'engagent des règles en fonte fixées sur le chariot, et qui assurent d'une manière convenable le parallélisme du mouvement que les vis leur impriment. Enfin les poupées extrêmes portent en U une griffe qui sert, comme les tire-fonds *d*, à assujettir la pièce à débiter.

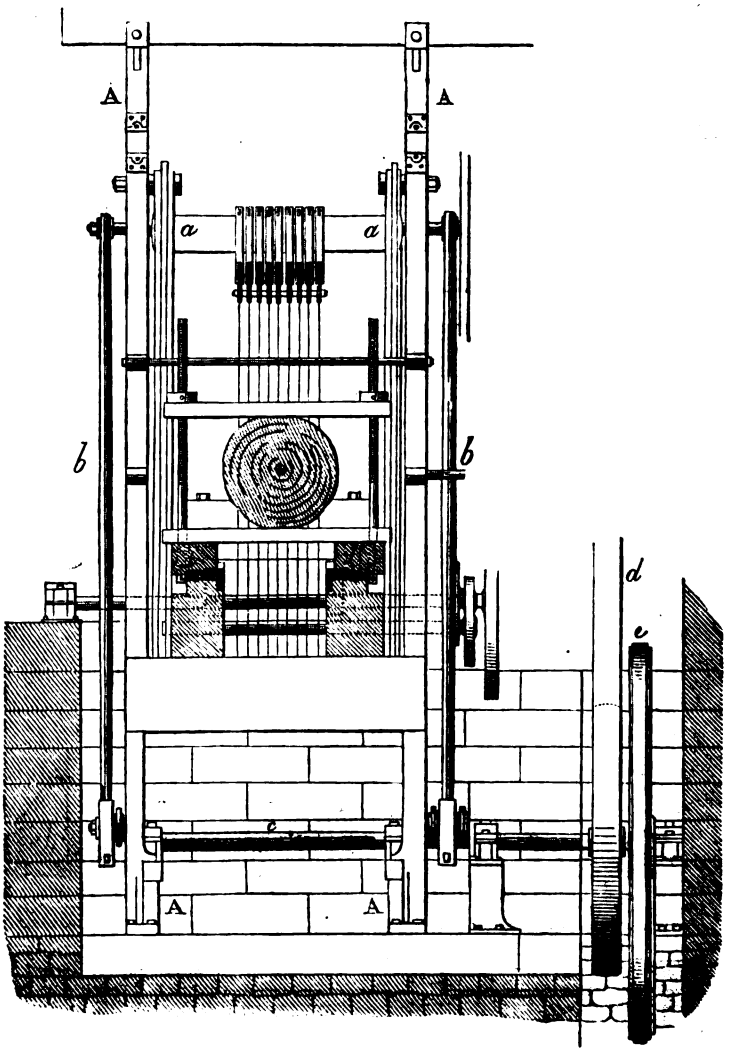
La pièce de bois et le chariot qui la supporte doivent s'avancer d'une certaine quantité à chaque coup de scie. Ce mouvement de translation est produit par le mécanisme que nous allons décrire. Une crémaillère *x* (fig. 2246 et 2247), boulonnée sur le côté gauche du chariot, est commandée (fig. 2244 et 2245) par un pignon *y*, monté sur le même arbre que la roue *z*, qui engrène avec une autre roue Z', conduite elle-même par la roue Z'', montée sur l'arbre de la grande roue à rochet A. Cette dernière roue est mise en mouvement par la fourchette I, suspendue à l'extrémité du petit levier K, dont l'autre extrémité reçoit un mouvement de *va-et-vient* de la tige *o*, ajustée avec l'excentrique *n*, fixé sur l'arbre moteur. Le levier K est percé de plusieurs trous qui permettent de changer le point d'attache de la tige *o*, et par conséquent de faire varier l'amplitude des oscillations de la fourchette I, et par suite, enfin, la quantité dont le chariot s'avance à chaque coup de scie. Un ressort à boudin, que l'on aperçoit sur la fig. 2244, maintient le doigt I constamment appliqué sur la roue à rochet. On peut cependant interrompre le mouvement du chariot en éloignant le doigt I au moyen

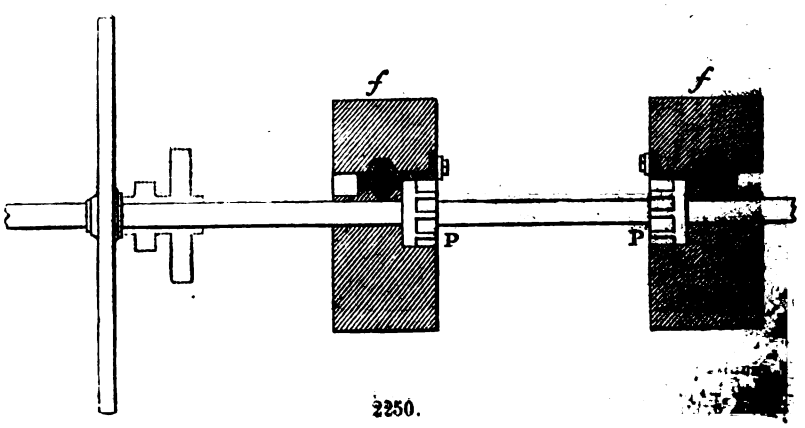
Digitized by Google

d'une tige attachée à côté du ressort, et terminée par une poignée placée à la disposition de l'ouvrier. Quand le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, on écarte le doigt I, comme nous venons de le dire, et on imprime à la roue A, au moyen de la manivelle *w*, un mouvement rapide de rotation, en sens contraire de celui qu'elle recevait du doigt I, et on ramène ainsi le chariot à sa position initiale.

La disposition que nous venons de décrire exige une grande hauteur et un point d'appui à la partie supérieure du mécanisme. Il est donc presque toujours préférable de placer l'arbre moteur au-dessous du châssis de la scie, comme l'indiquent les fig. 2248 et 2249. La traverse supérieure *a a'* du châssis de la scie doit alors dépasser le bâti en fonte A, qui lui sert de guide, et venir s'ajuster avec les bielles *b*, *b*, fixées, d'autre part, sur les coudes de l'arbre moteur *c*, qui reçoit le mouvement au moyen de la courroie *d*, et qui porte en outre un volant en fonte *e*. La scierie qui nous occupe maintenant est à plusieurs lames qui agissent *entre* les longrines *f*, *f*, qui forment le chariot, et non plus en dehors d'elles, comme dans la machine précédente. Les deux pièces longitudinales *f*, *f*, sont en bois, et ne peuvent plus être reliées que par deux traverses placées à leurs extrémités, puisque la scie doit passer librement

2249.





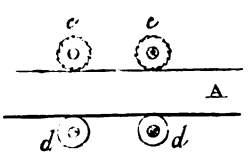
2250.

Digitized by Google

dans toute la longueur du chariot. On est alors obligé de transmettre à l'une et à l'autre un même mouvement de translation, ce qui s'obtient facilement, comme le montre la fig. 2250, en garnissant chacune d'elles d'une crémaillère que l'on met en mouvement par des pignons P, P', montés sur un même arbre. Ces pignons sont d'ailleurs conduits, comme dans le cas précédent, par l'action d'une fourchette agissant sur une roue à rochet. Nous avons supprimé cette partie du mécanisme sur la fig. 2250, pour éviter de la compliquer sans utilité.

La pièce de bois à débiter est fixée sur le chariot par une méthode un peu différente de celle que nous avons fait connaître en parlant de la scierie précédente. L'inspection seule des figures suffit pour faire comprendre cette disposition.

L'une des pièces le plus importantes et les plus coûteuses des scieries qui viennent de nous occuper est le chariot qui porte les pièces de bois à débiter. Sa largeur est, du reste, assez limitée, ce qui empêche d'opérer sur des bois de toutes dimensions. On évite l'emploi de chariots quand il s'agit de réduire des madriers en planches, et en général quand on opère sur des bois déjà régulièrement équarris, au moyen d'un artifice particulier que nous allons expliquer. Le mouvement de translation est communiqué à la pièce de bois A (fig. 2251) au moyen de cylindres cannelés *c*, *c*, animés d'un mouvement lent de rotation, contre lesquels elle se trouve pressée au moyen de deux autres cylindres lisses *d*, *d*.

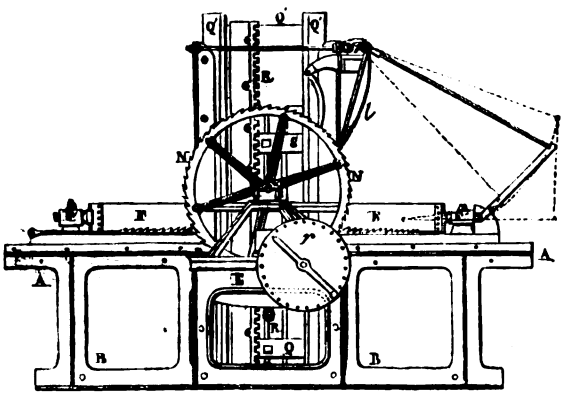


2251.

Scieries à placage. L'invention des machines à scier les bois de placage paraît due à M. Cochot. Cette industrie a pris depuis quelques années, à Paris, un grand développement, mais on comprend cependant que son importance est assez limitée. On emploie presque toujours des scieries à mouvement alternatif, mais disposées bien différemment de celles que nous avons examinées jusqu'à présent. La fig. 2252 représente l'élévation d'une machine de cette espèce. La scie F et son châssis F' sont horizontaux et maintenus, du reste, dans leur mouvement alternatif par des coulisses en bois fixées au bâti en fonte A, comme dans les autres scieries. Le mouvement en est transmis au moyen d'une bielle conduite par un arbre coudé. Nous n'avons pu, faute d'espace, représenter cette partie du mécanisme qui n'offre d'ailleurs rien de particulier. La pièce de bois à débiter Z, est portée par un chariot vertical *s z s'*, qui se meut de bas en haut pendant le travail de la scie. Ce chariot est mis en mouvement, comme de coutume, par une crémaillère R, avec laquelle engrène un pignon N'', conduit par une roue à rochet N, mise en mouvement par une fourchette *l''*, qui communique avec le châssis même de la scie par une série de tiges et de leviers dont la figure 2252 indique suffisamment le jeu. Le mouvement transversal du chariot doit être réglé avec une grande précision à cause de la faible épaisseur et de la régularité que doivent présenter les feuilles de placage. On le produit au moyen d'une vis de rappel *r*, fixée dans le bâti en fonte C D, et qui conduit, au moyen de l'écrou P, le chariot auquel est fixée la pièce Z. La vis R' arrête invariablement, dans la position qu'elle doit occuper, cette partie mobile de la machine, et rend impossible son dérangement pendant le travail. L'aiguille *r'*, fixée sur la tête de la vis motrice *r* et le cadran *r''*, permettent d'obtenir, sans aucun tâtonnement, l'épaisseur voulue pour chaque genre de travail.

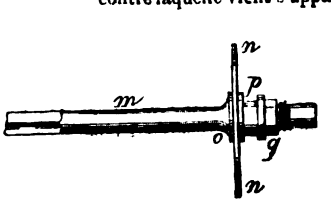
Scieries pour les jantes de roues. Dans les fabriques de roues de voitures, on découpe dans les plateaux de bois les portions de jantes au moyen de scies à mouvement alternatif, qui rentrent dans la classe des machines qui nous occupent. La pièce de bois est alors fixée non plus sur un chariot animé d'un mouvement rectiligne, mais sur une plate-forme d'un diamètre égal à celui de la roue à fabriquer, et tournant autour de son centre. Nous ne donnons point le dessin de cette espèce de scierie, qui n'est, en définitive, qu'un outil d'une industrie particulière, le charronnage mécanique.

§ II. *Scieries à mouvement continu. Scies circulaires*. On attribue à notre compatriote, M. Brunel, l'invention de cette espèce de scie, dont les applications se multiplient chaque jour dans une foule d'industries. La scie circulaire proprement dite est un simple disque de tôle d'acier, dont le diamètre varie depuis quelques centimètres jusqu'à plus d'un mètre, et dont la circonférence est garnie de dents semblables à celles des lames de scies ordinaires. Ce disque est percé d'un trou central, au moyen duquel on le monte sur un arbre en fer, auquel on communique un mouvement rapide de rotation.



2252.

L'ajustement de la scie sur son arbre est très simple, mais il exige une assez grande précision pour que l'instrument donne de bons résultats. Quand il s'agit d'une scie d'un faible diamètre, on se contente de ménager sur l'arbre *m* (fig. 2253) une forte portée *o*, soigneusement tournée, contre laquelle vient s'appuyer la lame de scie *n*, que l'on assujettit fortement au moyen du double écrou *q*, *p*. L'arbre porte d'ailleurs à ses extré-

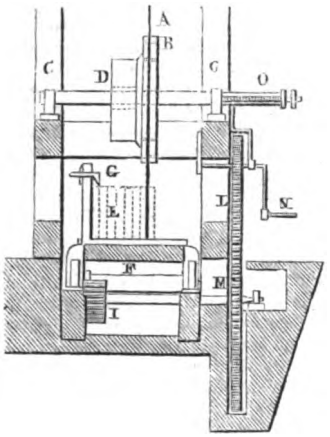


2253.

Digitized by Google

mités deux trous coniques bien centrés, où s'engagent les pointes sur lesquelles tourne le système. Les scies

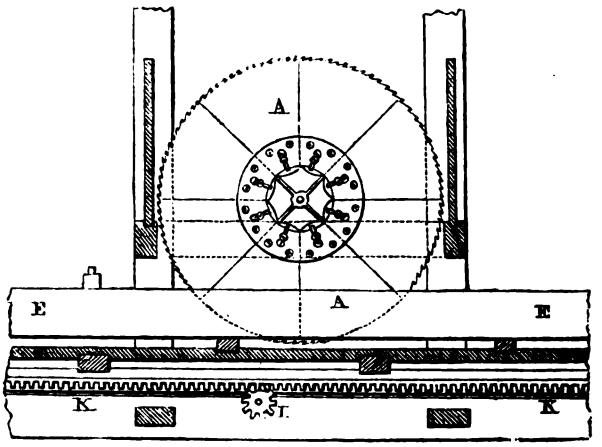
2254.



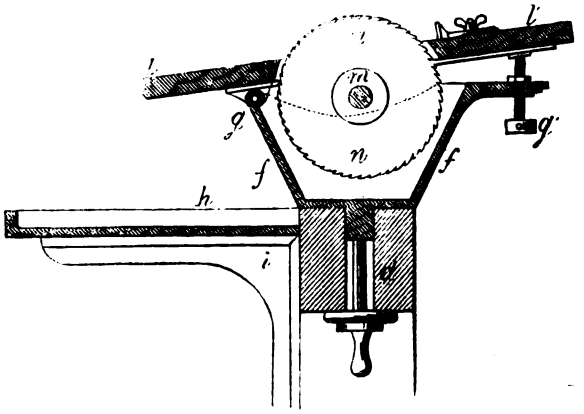
ceux dont la figure 2251 représente la disposition.

La lame des scies circulaires, toujours animée d'une

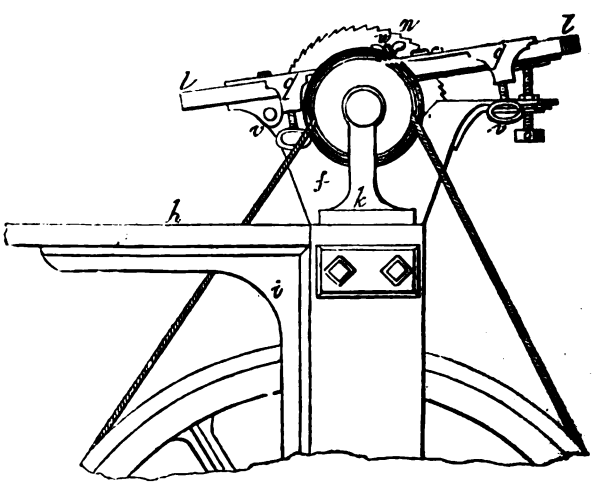
2255.



2256.



2257.



d'un plus grand diamètre s'appuient également contre une embase montée sur l'arbre, et contre laquelle on les fixe au moyen de vis à têtes fraisées. On place un second disque de l'autre côté de la lame, et on le boulonne avec le premier, comme on le voit en B sur les figures 2253 et 2251. L'arbre de la scie porte d'ailleurs une poulie à gorge, ou à surface unie, pour recevoir la corde, ou la courroie sans fin, qui doit le mettre en mouvement.

Les figures 2253 et 2254 indiquent l'une des dispositions que l'on peut adopter pour une scierie circulaire de forte dimension. La lame de scie A est fixée sur un arbre en fer qui tourne dans des coussinets C, et qui reçoit son mouvement d'une courroie qui s'enroule sur la poulie D. Le madrier à refendre E, est porté sur un chariot F, qui avance, par l'action du pignon I, sur la crémaillère K. Quand le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course, on le ramène à sa position primitive au moyen des roues dentées L et M, et de la manivelle N qui agit sur la première. La vis de rappel O permet en même temps de faire arriver la scie dans un plan parallèle à celui qu'elle occupait, afin de découper une seconde planche. On pourrait également laisser toujours la scie dans la même position, et rendre la pièce de bois mobile sur le chariot, comme on le fait dans la première scierie dont nous avons donné la description.

La pièce de bois à débiter est portée, dans la scierie dont nous venons de parler, sur un chariot mobile. Nous devons dire qu'en général on n'emploie pas cette disposition pour les scies circulaires : le bois est presque toujours conduit par un système de cylindres comme

grande vitesse et ayant souvent à vaincre des résistances considérables, tend sans cesse à se gauchir, et se-

Digitized by Google

rait bientôt hors de service sans une précaution sur laquelle nous devons appeler l'attention d'une manière toute particulière. Cette précaution consiste à disposer de chaque côté de la lame, et près du point où elle entre dans le bois qu'elle débite, un guide en corne ou en bois très dur. On règle, au moyen de vis, la position de ces guides de manière à ce qu'ils exercent toujours sur la lame une légère pression qui ne lui permette pas de s'écarter du plan vertical dans lequel elle doit tourner.

On dispose souvent sur les poupées d'un tour à pointes ordinaires une petite scie circulaire mise en mouvement par une roue à pied. Cet instrument est on ne peut plus commode pour refendre des planches de métal sur une largeur régulière, à l'aide d'un chariot qui sert à guider, et pour une foule d'autres ouvrages. La scie *n* (fig. 2256) est montée sur un arbre en fer comme celui de la fig. 2254. La poulie à plusieurs gorges *r* reçoit la corde sans fin qui s'enroule sur la roue à pied dont nous n'avons montré qu'une partie parce qu'elle ne diffère en rien des roues des tours ordinaires. La poupée en fonte creuse *f*, dont la fig. 2257 montre complétement la disposition, supporte la tablette *ll'* dont on peut faire varier l'inclinaison au moyen des vis *e* et *g* et au milieu de laquelle passe la scie circulaire. On pose sur cette tablette les pièces à débiter et on les pousse, avec la main, au-devant de la scie. La table *h*, supportée par la console *i*, sert à déposer les bois ou les outils dont on fait usage.

L'une des applications les plus remarquables de la scie circulaire est son emploi dans la fabrication des rails. Quoique cette machine sorte un peu du cadre que nous nous sommes tracé dans cet article, nous croyons devoir donner sur son compte quelques renseignements encore peu connus. La lame de la scie établie au Creusot (Saône-et-Loire) est en *tôle de fer* bien battue, elle a 1m,00 de diamètre et 0m,00275 d'épaisseur. Les dents ont 0m,02 de longueur et 0m,009 de saillie. Elle fait huit cent cinquante tours environ par minute. Cet appareil est mis en mouvement par une petite machine à vapeur spéciale de la force de cinq chevaux. Le volant de cette machine est entouré d'une courroie sans fin qui met en mouvement une poulie sur l'arbre de laquelle est un autre volant qui transmet à son tour le mouvement à la scie au moyen d'une seconde courroie. La partie inférieure de la scie plonge dans un vase constamment rempli d'eau. Le rail, préalablement chauffé au rouge, est placé sur une espèce de cadre qui le pousse vers la scie au moyen d'une vis. Cette machine, servie par neuf hommes, peut couper trois cents rails par jour, c'est-à-dire effectuer six cents coupures.

Nous pourrions encore parler ici de différentes scies à mouvement continu formées de lames de ressort dentées et roulant sur deux cylindres, ou bien composées de lames ordinaires ajustées comme les différents anneaux d'une chaîne de Vaucanson. Mais le peu de succès de ces différentes inventions et leur application à des travaux spéciaux, rend inutile leur description. Elles n'ont jusqu'à présent produit que de mauvais résultats.

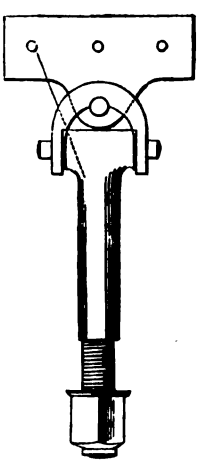
§ III. *Renseignements généraux.* — Nous nous sommes bornés jusqu'à présent à décrire le jeu des principales espèces de scieries, et, pour éviter de nous répéter, nous ne sommes entrés, pour chacune d'elles, dans aucun détail relatif à sa vitesse, à la force qu'elle conserve, à la forme des scies, etc. Nous allons maintenant revenir avec soin sur ces différentes questions de la plus haute importance pour celui qui doit établir ou diriger des machines de cette espèce.

Lame de scie. La forme des dents de la scie varie avec la nature du bois qu'elle doit débiter, avec la qualité de l'acier dont elle est formée, etc.

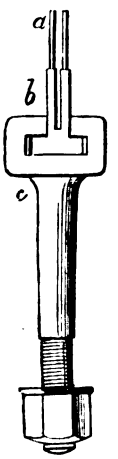
Il serait difficile de donner à cet égard des règles générales, et le mieux est de s'en rapporter à l'expérience d'un ouvrier intelligent. Nous dirons seulement que le volume de la sciure est à peu près quadruple de celui du bois dont elle provient. Cette considération donne une limite du rapport du vide au plein des dents pour un avancement donné de la scie à chaque coup, ou à chaque tour, s'il s'agit d'une scie circulaire : il faut en effet que la sciure, pendant un mouvement, puisse se loger entre les dents pour sortir dans l'instant suivant où la scie n'attaque plus le bois.

Le *chemin* donné à la scie, c'est-à-dire la quantité plus ou moins grande dont les dents sont déviées du plan de la lame, doit aussi varier avec la nature du bois et la beauté du travail que l'on veut obtenir. Il est en général d'autant moins fort que le bois est plus compacte. Mais, nous le répétons, une pratique éclairée est le meilleur guide dans ces questions de détail.

La lame est souvent fixée dans le châssis par des méthodes analogues à celles employées par les scieurs de long, c'est-à-dire au moyen de brides en fer serrées par des coins. Il est plus convenable d'employer la disposition indiquée par la figure 2258, qui permet de



2258.



2259.

donner à la scie la tension convenable au moyen d'un écrou, et dont la double articulation donne tout le jeu désirable. La figure 2259 montre sur ses deux faces l'espèce de pince qui fixe la scie à la traverse inférieure du châssis. La pièce *b* peut glisser un peu dans la rainure de la pièce *c*, dans laquelle elle se trouve engagée, ce qui permet d'incliner légèrement la ligne des dents de la scie sur le plan général du châssis.

Travail des scieries. Nous avons indiqué les différents mécanismes qui font avancer le bois à chaque coup de scie ; mais nous n'avons pas dit quelle doit être la vitesse de ce mouvement de progression ; elle dépend de la nature des bois et de la course de la scie. Dans les machines que nous avons prises pour exemple, la course varie de 0m,40 à 0m,60 ; ce sont les limites dans lesquelles il est le plus convenable de se renfermer, et en les adoptant, on peut dire que la pièce de bois doit avancer à chaque coup de scie de deux à cinq millimètres, suivant sa dureté. La première vitesse est très convenable pour le chêne dur, et la dernière pour les bois blancs peu résistants.

Les scies doivent être animées d'une vitesse de 110 à 140 coups par minute. On peut, d'après ces données, estimer la surface sciée par heure. Ainsi, avec la scierie des figures 2244 et 2245, on peut débiter facilement des arbres de 0m,50 de diamètre ; de sorte que,

Digitized by Google

en admettant une vitesse de 120 coups par minute, la surface de bois de chêne sciée par heure serait de :

$$0{,}002 \times 120 \times 0{,}50 \times 60 = 7^{m.carr.},20,$$

et celle du bois blanc de :

$$0{,}005 \times 120 \times 0{,}50 \times 60 = 18^{m.carr.},00.$$

Cette scierie exigerait une force de trois chevaux vapeur environ.

La scierie représentée par les figures 2253 et 2254, marchant à 140 tours par minute, et débitant un madrier de bois blanc de $0^m,30$ d'épaisseur, avançant de $0^m,005$ par coup, a scié par heure une surface de :

$$0{,}005 \times 140 \times 0{,}30 \times 60 = 12^{m.carr.},60.$$

Elle exigeait une force de 1 1/2 à 2 chevaux.

En général on peut admettre que chaque cheval-vapeur débite par heure une surface de 3 mèt. car. de bois tendre, et de $2^{m.carr.},00$ à $2^{m.carr.},25$ de bois de chêne. Mais il faut remarquer que le temps perdu pour la mise en place des bois, les réparations de la machine, etc., s'élève à peu près au tiers du temps total du travail : de sorte que la surface sciée par journée de travail de 12 heures n'est égale qu'à huit fois la surface sciée par heure et évaluée, comme nous venons de le faire, en multipliant l'épaisseur de la pièce par l'avance à chaque coup de scie et par le nombre de ces coups.

M. Navier donne pour la force nécessaire au sciage d'un mètre carré de bois un nombre de beaucoup inférieur à celui que l'on déduirait des résultats que nous venons d'indiquer, parce qu'il ne tient pas compte des frottements très considérables que présentent inévitablement les scieries mécaniques, mais en pratique on devra plutôt se tenir au-dessus qu'au-dessous des indications que nous avons données.

Les scieries à placage marchent avec une vitesse beaucoup plus grande que celle des scieries à bois ordinaires; elles donnent 250 à 280 coups par minute, mais l'avance ne doit guère dépasser un demi-millimètre par coup de scie. Les scieries de cette espèce qui marchent à Paris, produisent environ 36 mèt. car. de feuilles par jour. On paye 28 fr. à 30 fr. pour le sciage de 100 kil. de feuilles de 2 millimètres 1/2 d'épaisseur.

La vitesse des scies circulaires est assez variable, et on ignore jusqu'à présent celle qui est la plus convenable. Leur vitesse à la circonférence est ordinairement de 5 à 10^m par seconde, ce qui répond, avec les dimensions adoptées en général de 300 à 500 tours par minute. Ces scies absorbent moins de force que les scies à mouvement alternatif. On admet en moyenne que chaque cheval-vapeur peut scier 5 mèt. car. de bois blanc par heure et environ 4 mèt. car. de bois dur.

L'arbre qui met en mouvement les scies à mouvement alternatif doit être muni de volants pour régulariser le mouvement. On leur donne en général $1^m,00$ à $1^m,30$ de diamètre. Leur poids P, d'après M. Morin, est donné par la formule

$$P = \frac{30000^k}{V^2}$$

et d'après presque tous les constructeurs par la relation

$$P = \frac{25000^k}{V^2}$$

en désignant par V la vitesse par 1" à la circonférence du volant. Ainsi pour un volant de $1^m,10$ de diamètre moyen, devant faire 120 tours par minute, on aurait

$$V = \frac{120 \times 3{,}1415 \times 1{,}10}{60} = 6^m,9$$

et par suite

$$P = \frac{30000}{(6{,}9)^2} = 630^k$$

suivant M. Morin, et

$$P = \frac{25000}{(6{,}9)^2} = 525^k$$

si on adopte, comme cela nous paraît convenable, la marche suivie dans toutes les nouvelles machines.

Le poids du châssis de la scie n'est pas indifférent; il doit se rapprocher, autant que possible, de la moitié de l'effort moyen exercé sur lui. H. MANGON.

SCULPTURE PAR PROCÉDÉS MÉCANIQUES. En traitant ici de la sculpture au point de vue purement industriel, nous ne pouvons songer à parler de l'art du sculpteur proprement dit. Notre but est seulement d'indiquer les moyens économiques de multiplier, réduire l'œuvre de l'artiste, résultat nécessaire de la sculpture industrielle comme de tous les arts d'imitation.

Les procédés usités jusqu'à ce jour peuvent être groupés ainsi qu'il suit :

1° Le *moulage* des objets dans des formes creuses en terre cuite ou en plâtre, soufre, sable, bois, gélatine, fonte métallique, verre, bitume, ciment, pierre factice, etc.

2° Le tour à portrait, amélioré par M. Hulot, et reposant sur des principes établis pour la première fois par M. de la Condamine, qui a publié le premier, en 1733, la description et l'usage d'une machine pour copier sur le tour un portrait ou une médaille en relief. (Voir l'*Histoire de l'Académie*, année 1734, pages 216, 295; l'*Art du tourneur*, par Plumier, édition de 1749, chapitre XII.)

3° La machine de M. Colas, fondée sur le principe du tour à portrait. (Brevet de quinze ans, pris le 22 mars 1837.)

4° La compression des bois à froid, à l'aide de matrices, poinçons et emporte-pièces en acier, gravés en relief, suivant le contour du dessin qu'on veut reproduire.

5° Les procédés de M. Ardisson par le refoulement du bois debout. (Brevet de dix ans, pris le 30 septembre 1839.)

6° L'ESTAMPAGE. (Voyez ce mot.)

7° La machine de M. Sauvage, propre à réduire ou augmenter la dimension des statues et tous autres objets de sculpture en quelque matière que ce soit. (Brevet de quinze ans pris le 3 mai 1836.)

8° Celle de M. Dutel, ayant le même objet. (Brevet de quinze ans pris le 9 novembre 1836.)

9° Celle de M. Grimpé, pour reproduire ou réduire toutes les formes de bois de fusil, et celles des rondes-bosses ou des bas-reliefs artistiques. (Brevet de quinze ans, pris le 31 juillet 1838.)

10° Les nouveaux moyens d'exécution de la sculpture et de la gravure dans des matières dures, telles que porphyre, granite, marbre, pierre, etc., par M. Moreau. (Brevet de cinq ans, délivré le 24 novembre 1838.)

11° Ceux de M. Gruenacher pour la combustion à l'aide des moules en fonte. (Brevet de dix ans, pris le 27 décembre 1838.)

12° La GALVANOPLASTIE. (Voyez ce mot.)

13° Enfin les machines de MM. Lebas, Gervaizot, Combettes, Jordan, etc., qui ont pris chacun des brevets d'invention non expirés.

Nous devons ajouter à cette nomenclature les procédés antérieurs et peu ou point connus de deux ingénieurs distingués qui n'ont pas pris de brevet d'invention, de M. Amédée Durand et de Philippe de Girard.

Avant de donner quelques détails sur les procédés mécaniques que nous venons d'énumérer, nous décrirons une curieuse méthode abrégée d'exécution pour la sculpture statuaire, employée en 1822 par M. Amédée Durand.

Le résultat obtenu par cette manière d'opérer fut une statue de $2^m,50$ de hauteur. Cette figure de femme, entièrement drapée, fut exécutée en quatre-vingt-sept

Digitized by Google

jours par l'emploi d'un seul praticien sculpteur et d'un aide. Elle fait partie du mausolée du duc d'Enghien, existant aujourd'hui dans la chapelle du château de Vincennes.

Voici la succession des procédés qui ont été employés :

Le temps était rigoureusement déterminé, soit pour l'exécution du moule, soit pour le travail du marbre, et il fut nécessaire que ces deux opérations, essentiellement successives, se fissent en quelque sorte des concessions mutuelles, et devinssent simultanées dans une certaine proportion.

Ainsi la disposition générale du modèle étant arrêtée, il a fallu commencer à éponneler le marbre, sans toutefois prendre des points comme on le fait par le procédé ordinaire, où l'on reporte du modèle sur le marbre à l'aide d'un compas et par les intersections des distances du point à déterminer aux points déjà arrêtés ; et voici comment se fait cette première ébauche, sous la condition de rigueur d'éviter tout enlèvement de matière, qui plus tard eût pu faire défaut. Le modèle, étant debout, fut placé de manière à ce qu'une forte lampe projetât sur un panneau en feuillets de bois mince sa silhouette, ou au moins une projection un peu amplifiée de la figure, soit vue de face, soit vue de profil, suivant la convenance. L'image fournie par cette projection étant découpée, donna une silhouette de la figure. Cette silhouette, ou ce calibre de l'un des deux aspects principaux de la figure, fut posée horizontalement sur le marbre, couché lui-même sur le sol. Le travail à faire, d'après ce premier calibre, consiste à couper à grands coups tout le marbre qui se trouvait excéder de cette projection, que dessinait exactement l'emploi d'un fil à plomb.

Cette opération pour l'un des aspects de la figure, celui de face, par exemple, étant terminée, on procédait de la même manière pour avoir celui du profil, c'est-à-dire que le modèle était présenté dans ce sens à la lumière de la lampe, et que la projection résultant de cette opération était à son tour appliquée sur le marbre, qui lui aussi avait fait un quart de révolution sur lui-même. Par cette manière d'ébaucher, plusieurs personnes peuvent facilement trouver place pour travailler simultanément, et le travail est d'autant plus prompt qu'on n'a pas besoin d'échafaudage.

Cette première ébauche faite, on procéda à la mise au point de la statue. Cette seconde opération la laissa dans la même situation, c'est-à-dire couchée, et conserva aux opérations subséquentes les mêmes facilités qui avaient accompagné la première. La mise au point telle qu'elle est pratiquée est soumise à des pertes de temps considérables. Ainsi, pour peu qu'on admette que pour arriver à l'enfoncement exact qu'on doit obtenir sur la pièce ébauchée, on mesure trois fois cet enfoncement, il résulte que, comme on emploie deux compas et un fil à plomb, il y a au moins neuf mesures à prendre, dont la dernière, celle par le fil à plomb, entraîne la perte de temps nécessaire pour faire *dormir* ce dernier et l'amener à l'état de repos.

A ce sujet, il faut faire remarquer que, par les moyens ordinaires, on procède de proche en proche, partant de points trouvés dans le cours du travail pour déterminer les points ébauchés, et que, une fois une erreur commise, elle peut affecter toutes les opérations pour lesquelles elle a servi de base.

Le moyen employé par M. Amédée Durand consiste à poser trois points, deux à la base du modèle, alors terminé, de la statue, et un sur son sommet. Une barre en bois de sapin, portant à l'une de ses extrémités une pointe en acier, qui entrait dans le dernier point dont il vient d'être parlé, se terminait par une traverse également en bois et formant T. Chaque extrémité de cette traverse portait une pointe qui entrait dans chacun des deux autres points déjà cités. On voit de suite que ce T, qui reliait les points extrêmes de la statue, formait de ces points la base qui devait servir à prendre tous les autres sur le modèle et à les transporter sur le marbre à travailler.

Au moyen de ce même T, les trois points fondamentaux furent transportés sur ce marbre. Il n'y avait donc plus qu'à prendre et transporter de même cette multitude de points intermédiaires, dont chacun, ainsi qu'il a été dit plus haut, donne moyennement lieu à neuf opérations, tant à l'aide du compas qu'au moyen du fil à plomb. Pour obtenir ces points, il a suffi de garnir la longue barre de sapin (elle avait $2^m,70$) de tiges se terminant en pointes et mobiles dans tous les sens.

La pointe de chacune de ces tiges était mise en contact avec un des pointifs déterminés sur le modèle. Les différentes articulations qui en avaient procuré la mobilité étaient fixées par les procédés connus, comme dans la graphomètre, mais une seule, qui ne permettait de manœuvrer que dans un plan, comme la charnière, restait libre, et n'était limitée dans son mouvement que par un buttoir, qui la maintenait en rapport avec le point mesuré. Ces armatures de pointes mobiles étaient au nombre de dix, et pouvaient changer de place sur toute la longueur de la grande barre de bois. Avant d'être transportées sur le marbre à travailler, elles avaient été relevées en arrière, et leur abaissement jusqu'au buttoir résultait de l'enlèvement du marbre par les outils ordinaires, et déterminait la place ou l'enfoncement du point cherché.

On voit dès lors se substituer à l'emploi des deux compas et du fil à plomb, celui d'une simple pointe à charnière, dont le mouvement est si simple, si sûr et si prompt, que de ce changement résulte une économie considérable de temps.

Tout ce qui vient d'être dit se rapporte exclusivement à la mise aux points qui, ainsi qu'il a été dit, s'exécute la statue étant couchée. On conçoit que, quand il s'agit de draperies à grands plis comme dans le fait rapporté, on peut en pousser l'achevement très loin, sans redresser la statue et sans recourir aux échafaudages, qui sont si gênants et causent des pertes de temps si considérables.

Tour à portrait. Voyez TOUR.

Quant aux procédés de sculpture par la mécanique, inventés par MM. Dutel, Colas et Grimpé, nous ne pouvons rien dire de mieux ou de plus exact, que ce qui en a été publié dans les rapports du jury des expositions, en 1839 et 1844.

Procédé de M. Colas, en 1839. « La grande difficulté n'étant pas de copier, en le réduisant, un bas-relief quelconque et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit, le tour à portrait donnait ce résultat. Elle consistait à copier, dans une dimension différente, la sculpture de ronde-bosse. M. Colas a obtenu ce résultat en le transformant en bas-relief ; pour cela, il a divisé son modèle par portions de forme, telles que chacune peut sortir d'un moule d'une seule pièce. Les parties exécutées isolément ont ensuite été réunies et ont composé la statue réduite, qui a été admirée à l'exposition.

« Pour arriver là, M. Colas a dû modifier le tour à portrait dans sa pièce qu'on nomme *barre*, et il l'a fait en mécanicien habile. Le mouvement horizontal alternatif trop rapide de cette barre, eu égard à sa masse, en a été enlevé, et a été transporté à des organes accessoires d'une construction légère. De cette modification ont dépendu le succès des travaux de M. Colas, et la possibilité qu'il possède aujourd'hui, en les changeant de dimensions, de copier tous les morceaux de sculpture. Indépendamment de ces travaux, M. Colas en suit d'autres qui ont pour résultat de copier, sans les diviser, les statues ou bustes de ronde-bosse et d'en obtenir la copie en telle matière que ce soit. » (Voyez tom. III, page 193, des *Rapports du Jury en* 1839.)

Digitized by Google

En 1844. « Ainsi il fait aujourd'hui, il copie, il réduit en marbre, en pierre, en ivoire, en plâtre, en bronze et en bois les statues, les groupes, les bustes, les bas-reliefs, les rondes-bosses, les ornements, enfin tous les motifs qui lui sont demandés, et le tout avec une fidélité scrupuleuse et l'exactitude la plus sévère. » (Voyez tom. III, p. 328, des *Rapports du Jury en 1844.*)

Réduction des figures de ronde-bosse, par M. Sauvage. M. Séguier a présenté à l'Académie des sciences, séance du 6 août 1840, au nom de l'auteur, plusieurs copies de propositions différentes d'une même figure de ronde-bosse, exécutées au moyen d'un appareil qui n'est qu'une modification du pantographe appliqué à la sculpture, mais qui se distingue de ceux qu'on a employés précédemment, dans le même but, par une grande simplicité, ce qui permet de se le procurer à peu de frais. La substance sur laquelle on opère est un bloc de savon ou de cire qui se taille très aisément, et sur lequel on fait ensuite un moule qui peut donner un nombre illimité d'épreuves en plâtre ou en métal. La matière plastique, à l'état où l'emploient les statuaires, peut aussi servir pour une réduction.

« *Procédé de M. Dutel*, en 1839. La sculpture qu'a exposée M. Dutel, sortant des appareils, est à l'état d'ébauche, mais d'une précision suffisante quant aux masses. Ce genre de sculpture, obtenue plus particulièrement sur marbre, est produit par une fraise animée d'une grande vitesse.

« Cet instrument est soumis, dans sa translation, à un système de parallélogramme mobile, mis en rapport, à main d'homme, avec le modèle par une touche mousse, comme dans le tour à portrait. Le modèle et la copie obéissent simultanément à un mouvement de rotation lent, qui vient présenter successivement à l'appareil tous les points de leurs surfaces. »

(En 1844.) « Successeur de M. Dutel, M. Alexandre Contzen a fait plusieurs perfectionnements importants à ses appareils, qui sont mis en mouvement par une machine à vapeur de la force de 6 chevaux.

« L'exactitude, la précision de ses appareils, sont réellement remarquables. C'est le modèle lui-même qui, par ses formes et son développement, imprime à l'outil qui travaille le mouvement d'action sur l'objet à exécuter, en conservant cependant la faculté et la facilité de soutenir et changer de forme selon le désir de création du statuaire, et d'avancer plus ou moins, en raison du plus ou moins de temps que l'artiste veut passer à ce même travail pour le terminer. »

Le journal l'*Illustration* a publié dans le numéro du 18 mai 1845, page 180, le dessin en perspective de cette machine. Ce dessin donne bien une idée générale de la composition des organes qui la constituent, mais il laisse à deviner les transmissions de mouvements et la manière de faire marcher les outils propres à opérer la sculpture.

Procédé de M. Grimpé. « En 1839, la société Gosse de Billy a soumis à l'appréciation du jury des sculptures en relief et en creux, rectilignes et curvilignes, des objets à formes simples ou sculptés, des tenons, des mortaises, des queues d'aronde, des languettes, rainures, feuillures, des poulies de marine, d'arçon, saboterie et charronnage, tous confectionnés mécaniquement par les procédés inventés par M. Émile Grimpé, *avec une rapidité extraordinaire*, ajoute M. Blanqui, rapporteur, *et une économie qui varie, selon les difficultés du travail, de 20 à 850 p. 100. Les expériences les plus authentiques sont faites à cet égard.* » (Voir tom. III, p. 178, des *Rapports du Jury en 1839.*)

Le fait d'une économie de 20 p. 100 est exact sans doute, quant à l'emploi du procédé de sculpture mécanique, inventé par M. Grimpé, pour faire des moulures en relief et en creux, des incrustations de formes régulières et irrégulières; quant à l'économie de 850 p. 100, c'est sans doute 85 p. 100 qu'on a voulu dire; elle nous paraît douteuse. Quoi qu'il en soit, nous pouvons affirmer que la société Gosse de Billy n'a fabriqué qu'un petit nombre d'objets qui ont été vendus à l'encan après la dissolution de la société en 1840. Depuis cette époque les machines elles-mêmes ont été démontées et abandonnées sans emploi par une cause que nous ignorons.

Feu Philippe de Girard, l'illustre et immortel auteur du principe sur lequel repose la filature mécanique du lin (voyez LIN), a inventé et construit aussi en Pologne, à l'époque de la révolution de 1830, une machine propre à fabriquer les bois de fusil; les encastrements des pièces étaient achevés ensuite à la main.

Plus tard, cependant, M. de Girard a construit une seconde machine qui creusait tous ces encastrements dans huit bois de fusil à la fois, et il envoya, en 1832, à la Société d'encouragement deux bois de fusil fabriqués ainsi, qui y sont encore déposés.

La simple inspection de ces bois démontre rigoureusement qu'ils ont été travaillés mécaniquement.

Il est juste de dire que ces bois de fusil ont été déposés à la Société d'encouragement avant que M. Grimpé n'annonçât la solution du même problème, et qu'il doit avoir eu connaissance du résultat des travaux de M. Philippe de Girard.

Philippe de Girard fixa lui-même le prix de ses machines à la somme de 28.000 florins de Pologne (environ 23.000 francs), que le gouvernement russe lui accorda avec 25.000 francs de gratification en sus, et une pension viagère de 6.000 francs reversible, pour moitié, sur la tête de son frère. Ces machines fonctionnent, depuis cette époque, dans la fabrique impériale de Tula.

M. de Girard nous apprend lui-même, dans un mémoire imprimé en 1844, qu'il écrivit à M. le ministre de la guerre, le 2 mai 1836, pour offrir au gouvernement français de lui vendre des machines semblables.

La réponse de M. le ministre fut que M. Grimpé s'était engagé à faire des machines propres à fabriquer les bois de fusil moyennant la somme de 300.000 francs votée par les chambres, et que l'on supposait qu'il réaliserait ses promesses; mais, depuis, M. Grimpé a renoncé à ce marché.

Philippe de Girard renouvela alors l'offre de livrer ses machines à moitié du prix de celles de M. Grimpé.

Le ministre de la guerre lui écrivit « que la fabrication mécanique des bois de fusil était impraticable, parce qu'il *était impossible* que les garnitures du fusil, faites à la main, pussent s'adapter à des encastrements faits à la mécanique. »

Philippe de Girard répondit « que si on lui donnait cent mille garnitures de divers calibres, il se chargerait de faire cent mille bois auxquels elles s'adapteraient; que c'était tout ce qu'on pouvait lui demander. »

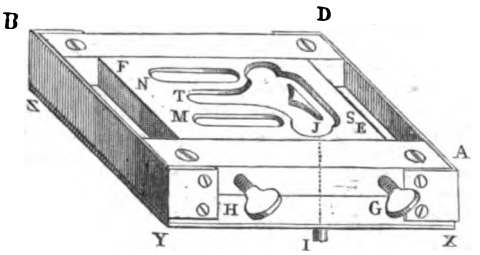
On promit alors de nommer une commission, mais Philippe de Girard est mort en 1845 sans avoir rien conclu. Du reste, tous les plans de ces machines sont restés entre les mains de l'un de ses parents.

Nous avons publié ces faits pour répondre à ce reproche qu'on a adressé souvent à M. de Girard « qu'il *avait abandonné la France*, tandis que c'est le gouvernement français seul qui a méconnu et repoussé ses importantes inventions. Honneur du moins à la Pologne, au gouvernement russe qui a accueilli et récompensé si dignement et si généreusement Philippe de Girard, homme si remarquable, à la fois peintre, sculpteur, et inventeur de la lampe hydrostatique, de la filature mécanique du lin, d'une machine à fabriquer les bois de fusil, etc.

Procédé inventé par M. Amedée Durand, en 1826, pour sculpter ou graver en creux sur le bois et autres matières, en suivant des formes et des profondeurs déterminées, mais planes. La fig. 2260 représente la dispo-

Digitized by Google

sition du travail, dans cet ingénieux procédé, qui nous a été généreusement communiqué par l'inventeur. ABCD caisse ou chariot en bois ou mieux en fonte, dans lequel on dispose la pièce de bois plane EF que l'on veut sculpter en creux. On serre cette pièce de bois à l'aide des deux vis en fer G, H. Le dessous de ce chariot est garni d'une plaque de tôle XYZ découpée à jour, suivant le contour du dessin que l'on veut produire. On assujettit cette plaque avec des vis à tête fraisée. I goupille en fer, fixée perpendiculairement et très solidement sur une table parfaitement dressée; elle entre dans la découpure de la tôle XY correspondant au point J.



2260.

Tout l'appareil, ainsi disposé, est soumis à une machine à percer dont la *mèche* placée perpendiculairement au-dessus de la goupille I est animée d'une grande vitesse. Cette mèche perce d'abord le bois au point J, et ainsi de suite toutes les parties du bois comprises dans le contour irrégulier ST, en ayant soin de faire mouvoir insensiblement le chariot ABCD.

Comme on le voit, le contour exact de la découpure ST est déterminé par la goupille I qui est engagée dans la découpure de la plaque de tôle XY, et fait ainsi l'office de guide et de régulateur; mais, pour que la découpure du bois soit conforme au modèle en tôle, il faut nécessairement que le diamètre de la mèche soit égal à celui de la goupille I.

Ensuite, pour faire les contours M et N, on place successivement la goupille I dans les découpures correspondantes sur la plaque XY, et on soumet alors la pièce de bois EF à l'action de la mèche à percer, comme il est dit précédemment.

Pour faire des filets en relief, sur le pourtour des formes creuses S, M et N, M. Amédée Durand avait imaginé un autre moyen physico-chimique, fondé sur cette propriété commune à tous les bois, d'imbiber les liquides et d'augmenter de forme et de volume lorsqu'ils sont mouillés.

Voici comment il a opéré :

Il a découpé une plaque de tôle semblable à la plaque XY, et il a disposé et *brassé*, sur les arêtes ou contours, des fils de fer aciérés, d'une grosseur variable à volonté. Cette plaque ainsi préparée a été appliquée sur la pièce de bois EF, avant l'opération du découpage, de manière que les fils de fer soient en contact avec le bois et à la place où doit être la découpure, place du reste que l'on a déterminée d'avance, en présentant la pièce sous la machine à percer et marquant trois points de repères. Cela fait, M. Durand a soumis la pièce de bois, recouverte de la plaque, à l'action d'une forte pression (presse à vis, laminoir ou presse hydraulique), de manière que les fils de fer, en s'enfonçant, produisent des contours en creux. Puis il a retiré la pièce, et à l'aide d'un rabot, il a réduit la surface du bois au niveau des parties comprimées; il a plongé ensuite cette pièce dans l'eau froide ou chaude, et les parties du bois qui avaient été comprimées ont repris leur premier niveau, et sont venues former ainsi des filets en relief.

Enfin la pièce a été découpée par le procédé que nous avons décrit ci-dessus.

M. Amédée Durand a employé aussi, pour faire des reliefs sur le bois, un cylindre gravé suivant les contours ou *relevés* qu'il voulait imprimer dans le bois. Ce cylindre était accouplé avec un second cylindre en fer, engrené de manière à former un véritable laminoir. Dans tous les cas, la pièce de bois était soumise à une pression graduée, afin de ne pas rompre les fibres; et, pour opérer le glissement ou passage de la pièce de bois entre les cylindres, M. Durand avait pratiqué sur le cylindre gravé, dans les parties qui devaient être découpées, des piqûres formant *râpe*.

Procédé de sculpture en bois par la combustion à l'aide de moules, inventé par M. Graenacker. « Dans ce procédé le bois à enlever est brûlé ou converti en charbon; cet effet est dû à l'application, à l'aide d'une forte pression, d'un moule en fonte de fer chauffé jusqu'au rouge; on aperçoit de suite que le moule ne transmet pas immédiatement sa forme au bois, mais la produit avec l'intervention d'une couche de charbon. Remarquons que cette couche ne doit jamais avoir plus de deux à trois millimètres d'épaisseur, ainsi qu'il va être expliqué, et que plus elle est mince, plus la sculpture a de netteté.

« Pour que cette netteté soit obtenue, il faut que la couche carbonisée soit limitée de la manière la plus exacte possible, et qu'il n'y ait entre le moule et la forme produite que du charbon parfait, c'est-à-dire friable et pouvant se détacher facilement sous l'action d'une brosse. La forme perdrait beaucoup de sa netteté, et le procédé de sa certitude, s'il se trouvait entre le charbon parfait et le bois inférieur une couche de bois à l'état de charbon roux, c'est-à-dire carbonisé à différents degrés et cédant irrégulièrement à l'effet du brossage. Pour obtenir ce résultat indispensable de limiter l'action comburante du moule chauffé au rouge, on a la précaution d'immerger le bois à travailler, jusqu'à ce qu'il soit entièrement saturé d'eau; cette eau, sous l'action du moule, se convertit en vapeur et ne permet, dès lors, d'employer qu'une pression intermittente qui en facilite l'écoulement. Si cette pression était continue, la vapeur pourrait se trouver assez comprimée dans certaines places pour que son expansion détachât quelques parcelles de bois et compromît la perfection du résultat.

« L'action du moule sur le bois ne dure que 20 secondes environ; elle est simplement le résultat de l'emploi d'un levier quintuplant le poids de l'ouvrier, qui s'assied dessus et donne à son corps un mouvement vertical très répété; après 20 secondes, le bois est retiré de la presse et jeté dans l'eau pour, d'une part, arrêter la combustion du charbon, et, de l'autre, faciliter sa dispersion sous l'action d'une brosse. Par ces opérations, répétées autant de fois que l'exige la profondeur du moule, on obtient un relief qui reproduit avec fidélité les détails du modèle primitif.

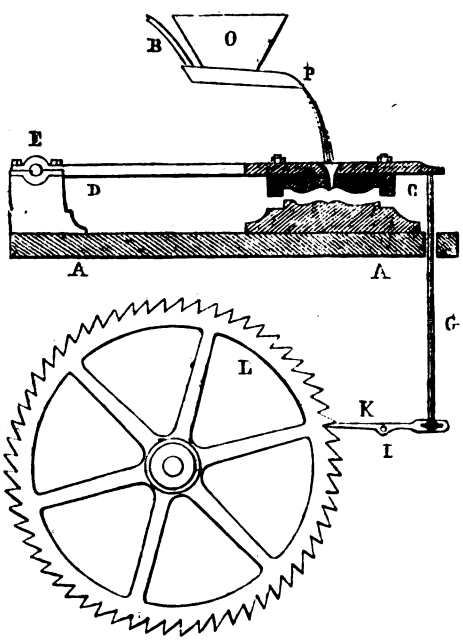
« Une chose à faire remarquer, c'est que l'imbibition du bois par l'eau étant une des conditions du procédé, plus les bois sont spongieux et plus facile est l'opération, et que, par conséquent, les bois les plus communs sont les plus propres à être convertis en objets sculptés. Cette transformation n'affecte pas seulement leur forme, elle a une influence profitable à leur dureté, qui s'en trouve très sensiblement augmentée. L'aspect des sculptures ainsi obtenues sur le bois de peuplier ou de marronnier acquiert beaucoup de ressemblance avec celui du vieux noyer et est d'un effet très agréable. » (*Extrait du Bulletin de la Société d'encouragement*, 1840, page 383.)

Digitized by Google

Procédé de sculpture sur marbre et autres matières dures, par M. Moreau. « Ce procédé, pour produire des figures ou objets sculptés, consiste 1° dans l'emploi d'un moule ou matrice en métal qui porte la contre-partie de la figure ou de l'objet qu'on se propose de sculpter, et dans son application à la surface de la matière qu'il s'agit de travailler; 2° dans des moyens pour opérer cette sculpture, qui consistent dans la répétition de chocs ou coups légers et rapides du moule sur la pierre pour en broyer et triturer le grain, et l'amener ainsi successivement à prendre la forme correspondante au moule qu'on frappe dessus.

« Supposons qu'il s'agisse de sculpter en bas-relief un masque ou médaillon au moyen de l'appareil. D'abord il faut se procurer le moule ou matrice en fonte de l'objet qu'on veut produire; c'est la fonte de fer à la quelle il convient pour ce cas de donner la préférence. Quand on est en possession du moule, il faut le monter dans un appareil mécanique convenable propre à élever et abaisser ce moule, pour que celui-ci percute par une succession de coups légers le bloc de marbre, de pierre, ou tout autre matière qui doit être travaillée.

« L'appareil mécanique, perfectionné par M. Am. Durand, est représenté en coupe, fig. 2261.



2261.

« Le bloc de marbre ou de pierre, qu'il s'agit de sculpter, est placé sur une table A A soutenue par des chevalets fixes et très solides. Le moule C, qui forme la contre-épreuve du médaillon qu'on veut produire, est fortement attaché au levier D composé d'un fort cadre en fer monté sur des pivots E, E. Ces pivots peuvent être ajustés, afin de régler la hauteur convenable du moule au-dessus du bloc. A l'extrémité opposée de ce cadre D, est une tringle adaptée au moyen d'un écrou. Cette tringle se trouve liée à un levier G I, tournant autour d'un pivot et mis en mouvement par son extrémité à l'aide d'une série de dents que porte une espèce de roue à rochet L, qui tourne par le secours d'une manivelle.

« On voit ainsi que, lorsqu'on imprime un mouvement de rotation à la roue à rochet L, les dents qu'elle porte entrent alors en action contre le bras de la bielle G I, et produisent un mouvement d'oscillation, qui se communique par la tringle G au cadre D qui porte le moule C. Ce moule opère donc ainsi, sur la surface du bloc A, une suite de chocs successifs, qui en triturent le grain dans toutes les parties où ce moule vient à frapper.

« Cette trituration est facilitée par l'introduction du sable, de l'émeri, de la poudre de diamant ou autre matière dure en poudre, qu'on introduit avec de l'eau entre les surfaces du moule et de la pierre pendant l'opération : ce à quoi on parvient en pratiquant plusieurs petits trous dans le moule, ainsi qu'on le voit en *a*, *a*, dans la figure 2261, dans les parties les plus convenables pour distribuer la substance pulvérulente le plus également possible.

« A cet effet, cette substance est introduite dans une trémie O, et glisse le long d'un plan incliné ou gouttière P, en même temps que l'eau est versée en très petite quantité par un tube flexible B, ou par tout autre moyen analogue.

« C'est de cette manière qu'on produit cette succession de chocs rapides et légers qui frappent la surface du bloc, et en enlèvent, par une action toute mécanique, les parties proéminentes pour le réduire à la forme qui est la contre-partie de ce moule.

« Vers la fin de l'opération, on emploie des matières pulvérulentes plus fines qu'au commencement, afin que l'objet puisse quitter le moule avec un haut degré de fini. Telle est la délicatesse de ce mode de sculpture, que l'on obtient ainsi les traits les plus fins, même avec les pierres qui s'égrènent le plus, et qui ne supporteraient pas l'action du ciseau ordinaire.

« L'appareil peut très bien opérer sur des surfaces verticales, telles que des frontons, des entablements, des corniches, et même contre des surfaces renversées, comme des soffites, des plafonds, des caissons de voûtes.

Procédé de sculpture en bois par compression, inventé par M. Ardisson. « L'idée fondamentale du procédé consiste dans la compression des bois de bout, mais cette action seule ne serait pas suffisante pour donner des produits assez économiques et assez résistants : on la fait précéder d'une ébauche superficielle faite à main d'homme, et dont les indications sont naturellement fournies par le moule même qui doit parfaire le travail.

« Par ce procédé se trouvent reproduits tout le fini et toute la délicatesse de travail que l'artiste a su donner à la matrice qui opère la compression.

« Le bois qu'on pourrait croire altéré dans ses fibres n'en conserve pas moins une résistance complétement suffisante pour cette destination, ainsi que cela résulte de l'examen de baguettes d'oves et autres ornements ne présentant entre eux que peu de liaison.

« L'humidité, dont on pouvait craindre des effets de déformation à l'égard de ces produits, ne leur fait éprouver aucune altération ; et c'est ce qui résulte d'une expérience qui a consisté à maintenir immergée, pendant vingt-quatre heures, une portion d'une baguette d'ornement, sans que la partie ainsi éprouvée ait présenté de différence avec les autres.

« Indépendamment de divers objets d'ornement, M. Ardisson présente une tête de profil dont le relief est des plus élevés, et qui atteste toute l'étendue des applications qu'il peut donner à son procédé. » (Voir *Bulletin de la Société d'encouragement*, mars 1845, p. 90.) R. DE L.

SÉCHOIR (*angl.* hotfline, *all.* Trockenhaus). On

Digitized by Google

désigne sous le nom de séchoir le local dans lequel on produit l'opération du séchage, en donnant le nom d'étuves aux appareils dans lesquels on se propose surtout d'échauffer les substances, bien que la plupart du temps les étuves agissent comme de véritables séchoirs.

L'art de sécher a pour but d'enlever à un corps l'eau qui le mouille; c'est donc une véritable évaporation qu'il s'agit de produire. Chacun sait comment cette opération se fait à l'air libre. Il suffit, par un temps chaud, lorsque l'air n'est pas saturé d'humidité, d'exposer à l'air les étoffes humides pour que l'évaporation de l'eau les sèche bientôt. Cette méthode fort économique n'est pas d'un emploi assez constant dans nos climats pour qu'on puisse s'en contenter. L'air souvent saturé d'humidité, la fréquence des pluies dans certaines saisons arrêteraient fréquemment les fabriques. C'est en chauffant l'air qu'on parvient aisément à pratiquer l'opération du séchage.

Séchage à l'air chaud. L'air est saturé par des proportions variables de vapeur d'eau, quand sa température varie. Si donc on chauffe de l'air même saturé, il devient capable d'absorber une nouvelle quantité de vapeur d'eau, dont la tension croît encore la température. La mesure de cet effet est donnée par le tableau suivant:

Poids de la vapeur renfermée dans un mètre cube d'air saturé, à différentes températures, sous la pression de $0^m,76$.

Température.	POIDS en grammes.	Température.	POIDS en grammes.
0°	5,20	55°	88,74
5	7,20	60	105,84
10	9,50	65	127,20
15	12,83	70	141,96
20	16,78	75	173,74
25	22,01	80	199,24
30	28,51	85	227,20
35	37,00	90	251,34
40	46,40	95	273,78
45	58,60	100	295,00
50	63,63		

La première détermination à faire pour calculer les dimensions d'un séchoir est de déterminer la quantité d'eau qu'il s'agit de vaporiser. Tredgold a fait à ce sujet des expériences sur les matières pour lesquelles se pratique habituellement cette opération, c'est-à-dire pour les étoffes. En voici le résultat. Bien entendu que les pièces étaient tordues ainsi que le pratiquent les blanchisseuses pour enlever la majeure partie de l'eau.

	Poids sec.	Poids mouillé.
Flanelle.	1	3
Calicot.	1	2 1/8
Soie.	1	1 29/30
Toile de lin. . . .	1	1 3/4

Ayant déterminé le nombre des pièces d'étoffes à sécher, et, d'après leur poids connu et ce tableau, le poids de l'eau à évaporer, on obtient la quantité d'air qu'il faut chauffer et par suite les dimensions du calorifère qu'il faut établir à cet effet, au moyen du calcul suivant que nous empruntons à M. Péclet.

Soit à évaporer 25 kil. d'eau en une heure, la température de l'air saturé au sortir du séchoir étant 30° température suffisante pour que les vapeurs s'enlèvent bien par les cheminées) et la température de l'air saturé extérieur étant 15°; condition la plus défavorable, mais pour laquelle il faut combiner les appareils, vu qu'elle se rencontre souvent dans le nord de la France.

A 30° et sous la pression $0^m,76$, un mètre cube d'air saturé contient $28^{gr},51$ d'eau, et à 15° il en contient $12^{gr},83$, comme le montre le tableau ci-dessus; chaque mètre cube d'air dissoudra 15,68 grammes d'eau, et pour les 25 kil. il faudra $\frac{25}{0,01568} = 1594$ mètres cubes d'air. Ce volume ramené de 30° à zéro devient $\frac{1594}{1+0,00364\times 30} = 1437$ mètres cubes, dont le poids est $1437 \times 1,3 = 1868$ kil.

La quantité de chaleur que perd l'air chaud pour dissoudre les 25 kil. d'eau, pour les vaporiser, est $650 \times 25 = 16250$ unités; sa température à l'entrée du séchoir est donc $\frac{30^\circ + 16250 \times 4}{1868} = 64^\circ,8$ (4 est le rapport approché des chaleurs spécifiques de l'air et de l'eau à poids égal). La quantité totale de chaleur dépensée est

$$\frac{1868\,(64,8 - 15)}{4} = 23257.$$

Tel est donc le nombre de calories qu'il s'agit de communiquer à l'air.

Si l'on peut employer directement les produits de la combustion pour opérer le séchage, comme c'est le cas de la touraille employée dans la fabrication de la BIÈRE (voyez ce mot), on obtiendra la consommation en combustible, en divisant ce chiffre par la puissance calorifique du combustible, c'est-à-dire 6000 environ s'il s'agit de la houille, puisque rien n'est perdu. Dans le cas le plus fréquent, on ne saurait projeter les produits de la combustion sur les objets à sécher, que saliraient la fumée et les cendres entraînées par le courant d'air. Aussi emploie-t-on le plus souvent l'air chauffé par un calorifère. Le calcul précédent servira à déterminer les dimensions d'un calorifère d'une nature déterminée, en divisant la chaleur totale à obtenir par l'effet utile que l'on sait obtenir dans ce genre de calorifère, et qui atteint difficilement 80 p. 100 de la puissance totale du combustible.

La disposition d'un séchoir doit satisfaire aux conditions de laisser sortir l'air parfaitement saturé. Se composant essentiellement d'une salle qui reçoit par la partie inférieure l'air chaud sortant d'un calorifère, il faut que cet air parcoure toutes les pièces à sécher, et ne se précipite pas vers la cheminée qui lui donne issue en n'en rencontrant qu'une partie. Une excellente disposition consiste à faire sortir l'air saturé au niveau du sol. Le séchoir étant divisé par une cloison qui s'élève jusque vers la partie supérieure, l'air chaud montera dans la première partie pour descendre dans la seconde et sortir par les cheminées dont les orifices sont à la partie inférieure.

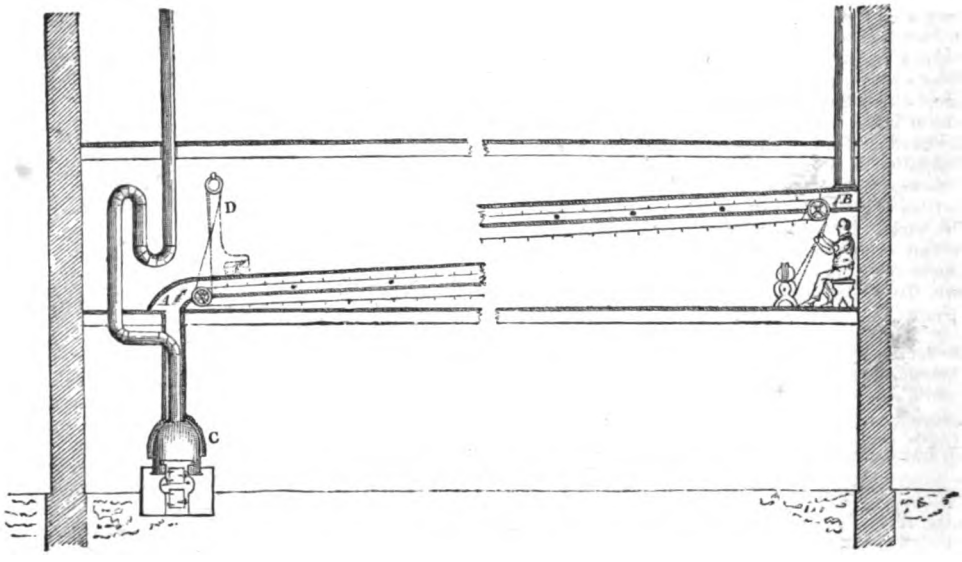
Si par des registres et des orifices convenablement disposés on peut faire arriver l'air chaud dans une des deux divisions et faire varier inversement son issue, on pourra toujours le saturer d'eau. Il suffira de changer les pièces dans la moitié du séchoir à la fois, de telle sorte que l'air chaud sortant du calorifère remonte des pièces déjà à moitié séchées et rencontre dans la 2e division des pièces récemment placées et chargées d'humidité, pièces qui recevront à leur tour l'air chaud directement quand le séchage des premières sera complet et qu'elles seront remplacées par de nouvelles pièces.

Nous n'avons pas à nous étendre ici sur les systèmes de calorifères qui ont été donnés complétement à l'article CHAUFFAGE. L'un des plus convenables est celui de M. R. Duvoir, qui échauffe des quantités d'air extrêmement considérables. Dans un séchoir construit à

Digitized by Google

la blanchisserie de Gisors, trois caloriferes lançant l'air à 120° permettent de sécher, en 6 heures, 150 pièces de calicot qui renferment ordinairement 1130 kilog. d'eau. Le volume d'air lancé est de 55.000 mètres cubes. L'évaporation est de 3k,52 d'eau par kilog. de houille; résultat très satisfaisant si l'on songe qu'à la fin de l'opération il s'en faut de beaucoup que l'air sorte saturé.

La fig. 2262 représente un appareil qui a été employé



2262.

en Angleterre, dans les manufactures d'indiennes, pour sécher les pièces. On voit qu'il consiste dans un calorifere chauffant une colonne d'air dans laquelle on fait passer la pièce d'étoffe, placée sur une chaine sans fin. Cet appareil est fort imparfait et exige une main-d'œuvre beaucoup trop considérable.

Au lieu de caloriferes à air, on peut également employer des caloriferes à vapeur ou à eau chaude, ce qui peut surtout être avantageux quand on peut en profiter pour réduire le nombre des feux à conduire dans un établissement dans lequel se trouvent déjà des chaudières à vapeur.

Mais le plus souvent le chauffage à la vapeur s'utilise pour sécher les pièces en les échauffant directement. On y trouve l'avantage d'employer un procédé aussi économique, d'après les résultats obtenus jusqu'ici quant à la consommation du combustible (mais non quant à la main-d'œuvre), que les séchoirs à l'air chaud, mais surtout d'obtenir en même temps que le séchage, un apprêt dû à l'action de calandrage des cylindres chauffés à la vapeur, sur lesquels glisse l'étoffe. Nous avons donné à l'article BLANCHIMENT la description d'un appareil à cylindres pour le séchage et l'apprêt des étoffes, et à l'article PAPIER sa disposition pour le séchage du papier à mesure qu'il se fabrique sur la machine.

Nous terminerons en citant pour mémoire deux procédés employés dans les laboratoires et qui n'ont pas encore trouvé d'application dans l'industrie. L'un, le séchage par le vide, qui, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, fournit un moyen de conservation des viandes qui, une fois desséchées, ne se gâtent plus; l'autre, le séchage par l'air mis en mouvement par une force mécanique, un ventilateur, par exemple, après avoir été débarrassé de son humidité en passant à travers du chlorure de calcaire ou de la chaux vive. M. Péclet pense qu'il y aurait avantage à employer la chaux pour sécher de la sorte la colle-forte qu'on ne peut sécher à chaud et qui moisit souvent dans les séchoirs à l'air libre quand l'air reste longtemps chargé d'humidité.

SEIGLE (*angl.* rye, *all.* rogg n). Le seigle est, après le froment, la plus importante des céréales, et sert principalement à la fabrication du pain, soit seul, soit mélangé avec le froment. (Voyez FARINE et PAIN.)

SEL (*administration*). Depuis longtemps l'impôt sur le sel forme, pour les gouvernements, une branche très importante de revenus; la perception de cet impôt a donné lieu à un grand nombre de règlements sur l'exploitation et la surveillance des salines et marais salants. Actuellement toutes les salines sont régies en France par la loi du 17 juin 1840, dont nous allons faire connaître en quelques mots les principales dispositions :

Nulle exploitation de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée naturellement ou artificiellement, ne peut avoir lieu qu'en vertu d'une concession consentie par ordonnance royale délibérée en conseil d'État (art. 1er).

Les lois et règlements généraux sur les mines sont applicables aux exploitations des mines de sel. Les dispositions V et X de la loi du 21 avril 1810 (voyez MINES) seront applicables aux concessions de sel (art. 2).

Les concessions ne pourront excéder vingt kilomètres carrés s'il s'agit d'une mine de sel, et un kilomètre carré pour l'exploitation d'une source ou d'un puits d'eau salée. Dans l'un et l'autre cas, les actes de concession règleront les droits du propriétaire de la surface conformément aux articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810. Aucune redevance proportionnelle ne sera exigée au profit de l'État (art. 4).

Les concessionnaires de mines de sel, de sources ou de puits d'eau salée, seront tenus (art. 5) : 1° de faire, avant toute exploitation ou fabrication, la déclaration prescrite par l'art. 51 de la loi du 24 avril 1806; 2° d'extraire ou de fabriquer annuellement, au minimum, une quantité de cinq cent mille kilogrammes de sel, destiné à la consommation intérieure et soumis à l'impôt; toutefois, une ordonnance royale, susceptible d'être retirée, pourra, dans des circonstances particulières,

Digitized by Google

autoriser la fabrication au-dessous du minimum (ce minimum sert à diminuer les frais de surveillance et de perception de l'impôt).

Tout concessionnaire ou fabricant qui voudra cesser d'exploiter ou de fabriquer est tenu d'en faire la déclaration au moins un mois d'avance. L'exploitation ou la fabrication ne pourra être reprise qu'après un nouvel accomplissement des obligations mentionnées en l'art. 5 (art. 6).

Tout exploitant ou fabricant de sel dont les produits n'auraient pas atteint le minimum déterminé par l'art. 5, sera passible d'une amende égale au droit qui aurait été perçu sur les quantités de sel manquant pour atteindre le minimum (art. 8).

Toute contravention est punie de la confiscation des matières premières, sels fabriqués, ustensiles de fabrication, moyens de transport, d'une amende de cinq cents à cinq mille francs, et du payement du double droit sur le sel pur, mélangé ou dissous dans l'eau, transporté ou soustrait à la surveillance (art. 10).

Les dispositions ci-dessus, sauf l'obligation du minimum de fabrication, sont applicables aux établissements de produits chimiques dans lesquels il se produit en même temps du sel marin (art. 11).

Des règlements d'administration publique déterminent dans chaque cas les conditions auxquelles peuvent être autorisés l'enlevement, le transport et l'emploi en franchise, ou avec modération de droits, du sel de toute origine, des eaux salées ou de matières salifères, à destination des exploitations agricoles ou manufacturières, et de la salaison, soit en mer, soit à terre, des poissons de toute sorte (art. 12).

La loi précitée maintient les autres lois et règlements relatifs à l'exploitation des marais salants (art. 15), qui ne peuvent être ouverts sans une autorisation spéciale du gouvernement.

Jusqu'au 1er janvier 1851, des ordonnances royales spéciales règlent : 1° l'exploitation des petites salines des côtes de la Manche; les allocations et franchises sur le sel dit *de troque*, dans les départements du Morbihan et de la Loire-Inférieure; à cette époque, ces ordonnances cesseront d'être exécutoires, et toutes les salines seront soumises aux prescriptions de la loi du 17 juin 1840.

La production des mines de sel, sources et puits d'eau salée, et des marais salants en France a été, en 1843, de 3.778.560 quintaux métriques.

L'impôt sur le sel, fixé par la loi du 28 avril 1816, est actuellement en France de 30 fr. par quintal métrique.

SEL (*angl.* salt, *all.* Kochsalz). Le sel de cuisine ou chlorure de sodium nous est fourni par trois sources différentes : les eaux de la mer, les puits et sources d'eau salée et les mines de sel gemme. Les procédés que l'on suit pour retirer le sel des eaux de la mer, ayant déjà été décrits dans ce Dictionnaire à l'article MARAIS SALANTS, il ne nous reste à parler ici que des puits et sources salées, et des mines de sel gemme.

Le *sel gemme* est souvent cristallisé ou plutôt en masses transparentes ou d'un blanc-laiteux, présentant un clivage cubique facile; d'autres fois il est lamellaire et les lames s'entrecroisent dans tous les sens : il est alors presque toujours légèrement coloré en gris par une certaine quantité de bitume; enfin il se présente aussi à l'état fibreux, blanc ou coloré en rouge par de l'oxyde de fer, et formant ordinairement des veines, soit dans le sel lamellaire, soit dans les argiles salifères qui accompagnent les masses de sel gemme.

Le sel gemme se trouve dans le sein de la terre, tantôt en couches contemporaines au terrain dans lequel il existe, tantôt en masses ou amas de formation postérieure.

Le premier genre de gisement du sel gemme se trouve exclusivement dans le terrain de *trias*, et surtout dans la formation des *marnes irisées* (voyez GÉOLOGIE). Tels sont les gisements de Vic et de Dieuze, dans le département de la Meurthe, et celui de Northwich, en Angleterre.

Le second genre de gisement, en amas postérieurs, est le plus fréquent; ces amas se trouvent tantôt dans le lias, comme à Bex, en Suisse, tantôt dans le calcaire jurassique, comme à Ischl, Hallein, et les autres mines de sel des environs de Salzbourg, tantôt dans les terrains de craie, comme les célèbres mines de Wieliczka et de Bochnia, en Gallicie, de Cardonne, en Catalogne, et celles de l'Algérie, selon M. Fournel, tantôt même enfin dans les terrains tertiaires, comme aux environs de Burgos, en Espagne. Malgré la grande variété des terrains qui les renferment, ces gisements anormaux de sel sont caractérisés par des circonstances analogues qui sont : la présence de roches éruptives, d'amas de gypse, de dolomies, de sources thermales et bitumineuses, et fréquemment de soufre.

Les sources salées résultent de la dissolution, par des eaux d'infiltration, du sel provenant, soit de bancs de sel gemme, soit d'argiles ou de terrains qui en sont plus ou moins imprégnés. Elles se trouvent ordinairement dans les marnes bigarrées, le grès bigarré, le muschelkalk, le terrain de keuper et quelquefois dans le lias. Tantôt ces sources sortent d'elles-mêmes au jour, tantôt on les atteint en creusant des puits au fond desquels elles se rassemblent, et d'où on les extrait à l'aide de pompes. Elles sont en général inexploitables quand elles contiennent moins de 3 p. 100 de sel; elles en renferment au plus 26 à 27 p. 100, ce qui correspond à une saturation complète. Lorsqu'une source d'eau salée, soit débouchant au jour, soit exploitée par un puits, a une très faible salure, il convient de creuser non loin de là en amont du premier puits, suivant le pendage des couches, un second puits moins profond dans lequel on installe des pompes qui servent à épuiser une partie des eaux douces d'infiltration; on augmente cet effet en poussant de part et d'autre du fonds de ce puits et suivant la direction des couches, une galerie horizontale pour recueillir, sur une plus grande étendue, les eaux douces susceptibles de diminuer la salure des eaux du puits d'exploitation; on diminue ainsi, il est vrai, la quantité totale de l'eau qui afflue dans le puits d'eau salée, mais, d'un autre côté, on augmente notablement le degré de salure de cette eau.

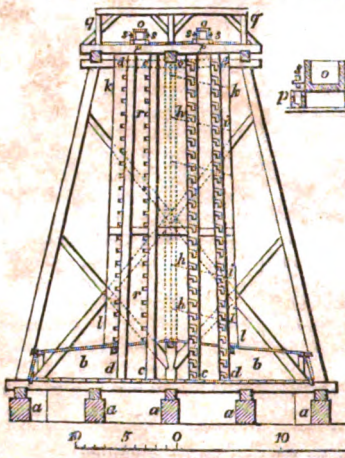
Exploitation des puits et sources d'eau salée.

Bâtiments de graduation. En général les puits et sources d'eau salée fournissent de l'eau trop peu chargée de sel pour pouvoir être immédiatement évaporée par l'action du feu. On commence par la concentrer par une évaporation spontanée à l'air libre, dans des appareils connus sous le nom de *bâtiments de graduation*, disposés de manière à offrir la plus grande surface d'évaporation possible. Autrefois on faisait couler l'eau le long d'un grand nombre de cordes verticales, ou sur des tables légèrement inclinées, alternativement les unes dans un sens et les autres en sens contraire, et placées les unes au-dessus des autres. Actuellement on se sert presque exclusivement de bâtiments de graduation à fagots d'épines, dont les fig. 2263 et 2264 (l'échelle est en pieds) représentent une coupe et une élévation : a, a, sont des piliers en maçonnerie, soutenant le réservoir $b b$, dans lequel se rendent les eaux qui ont passé sur le bâtiment de graduation; c, c, sont les montants intérieurs et d, d, les montants extérieurs, auxquels sont fixées les traverses ou lattes e, e.., qui supportent les fagots d'épines; ceux-ci ont une longueur un peu supérieure à la distance $c d$, de manière à venir jusqu'en $k l$, et à dépasser un peu les traverses e, e, sur lesquelles on les dispose dans une direction inclinée de

Digitized by Google

l'intérieur à l'extérieur, comme l'indiquent les lignes *h i*, afin de favoriser l'évaporation. L'eau arrive au sommet des bâtiments de graduation, sur les murs en fagots d'épines, par des canaux *o, o*, représentés à une plus grande échelle fig. 2265, et passe de ces canaux par les robinets *s, s*, dans les rigoles *p, p*; dans ces dernières sont pratiquées des échancrures latérales, espacées de 0m,10 à 0m,15, par lesquelles l'eau se déverse sur les fagots où elle se divise en couches excessivement minces, court d'une branche à l'autre et se trouve, pendant tout son trajet, en contact avec l'air qui circule au travers des fagots. La disposition que nous venons de décrire permet de changer le mode de distribution des eaux, en les faisant arriver sur l'un ou l'autre des murs de fagots suivant la direction du vent. Ces murs doivent d'ailleurs être alignés dans une direction normale à celle habituelle du vent dans la localité. Il va sans dire qu'au-dessus des fagots se trouve un toit en planches qui sert à les abriter contre les pluies.

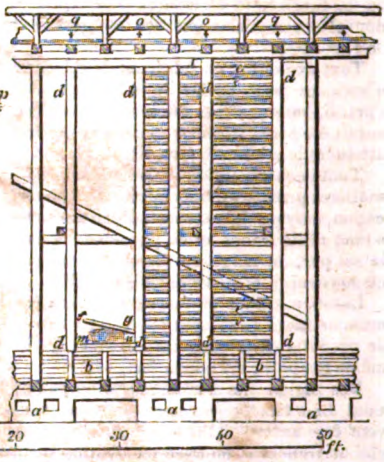
2263.



2265.



2264.



On partage ordinairement la longueur des bâtiments de graduation en deux ou plusieurs sections; la première reçoit les eaux de source, la deuxième celles qui ont déjà passé sur la première et ainsi de suite. Des pompes placées dans les intervalles, et habituellement mues par des roues hydrauliques, servent à élever l'eau des réservoirs inférieurs pour la porter dans les canaux qui la déversent sur les fagots du bâtiment à la suite.

La section de chaque mur de fagots présente un trapèze dont la largeur est de 3m environ en haut et de 4m en bas, sur une hauteur de 12m, et la longueur de ces murs est de 200 à 400m.

Comme exemple de la manière dont marche la concentration, nous indiquerons les nombres suivants qui se rapportent à l'importante saline de Sooden près d'Allendorf (Hesse) : la teneur en sel de l'eau salée sortant du puits étant de 4 p. 100, s'est trouvée, après avoir passé

sur le	1er	bâtiment de graduation, de	5,42	p. 100
—	2e	— —	7,31	—
—	3e	— —	9,78	—
—	4e	— —	12,98	—
—	5e	— —	17,02	—
—	6e	— —	22,00	—

En moyenne on peut concentrer les eaux sur les bâtiments de graduation pendant 280 à 300 jours par an, mais il n'y a guère que 200 jours pendant lesquels il soit possible de préparer des eaux assez concentrées pour être immédiatement soumises à l'évaporation sur le feu.

Dans un ensemble de bâtiments de graduation construits comme nous l'avons indiqué, on peut estimer que la quantité d'eau totale vaporisée par an et par mètre carré de surface de l'un des côtés du mur de fagots est de 8 à 10 mètres cubes, suivant que la saison est moins ou plus favorable. Sur cette quantité, il y en a 10 à 12 p. 100 entraînée par la dispersion occasionnée par les vents, et qui produit une perte proportionnelle sur le sel.

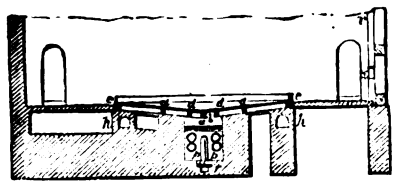
Pendant la graduation, et suivant que les eaux salées sont plus ou moins chargées de sels étrangers, moins solubles, il se forme sur les fagots un dépôt plus ou moins considérable de sulfate de chaux généralement mélangé sur les premiers bâtiments, de carbonates de chaux et de fer. La présence de ces dépôts qui finirait par obstruer les fagots, oblige à les retirer au bout d'un certain temps, pour les nettoyer ou même les remplacer si le dépôt est trop adhérent.

Évaporation dans les chaudières. Lorsque l'eau salée est arrivée sur les bâtiments de graduation à un certain degré de concentration, qui correspond à une salure de 14 à 22 p. 100, suivant le prix plus ou moins élevé du combustible, on continue l'évaporation sur le feu.

Les fig. 2266, 2267 et 2268 donnent le plan et deux coupes, longitudinale et transversale, des chaudières employées à la saline de Dürrenberg : *e f*, est la chaudière enclavée par ses bords dans le massif du fourneau, et reposant en outre par son fond sur les petits murs *d, d,...*, qui servent à répartir aussi également que possible la flamme sous la chaudière. On emploie généralement ces dispositions pour les chaudières de grandes dimensions; pour les petites chaudières on adapte un foyer circulaire central d'où la flamme s'échappe et circule dans un carneau unique disposé en forme de spirale, de manière à ce qu'elle soit le plus longtemps possible en contact avec le fond de la chaudière. La flamme se rend ensuite par les issues *g, g, g*, dans les carneaux *h, h, h*, puis de là dans d'autres carneaux *i, i, i*, placés sous des chaudières chauffées à flammes perdues, et enfin dans les rampants *k, k, k*, qui la conduisent au séchoir *k l*, d'où elle se rend aux cheminées d'appel par les carneaux *n, n, n*; en *l, l, l*, se trouvent des registres qui permettent de faire évacuer au besoin les produits de la combustion par la cheminée *m*. Une hotte *o*, placée en avant de la chauffe *a*, sert à empêcher la fumée de refluer dans l'atelier, lors d'un coup de vent ou par tout autre cause. Au-dessous de la grille se trouve un appareil à air chaud, composé de tuyaux de fonte dans lesquels l'air froid extérieur arrive par le canal *q r*, s'échauffe, passe dans les tuyaux de fonte *s*, et vient déboucher en *t, t, t, t*, dans le séchoir; *v*, est le robinet par lequel on fait arriver dans la chaudière l'eau à évaporer.

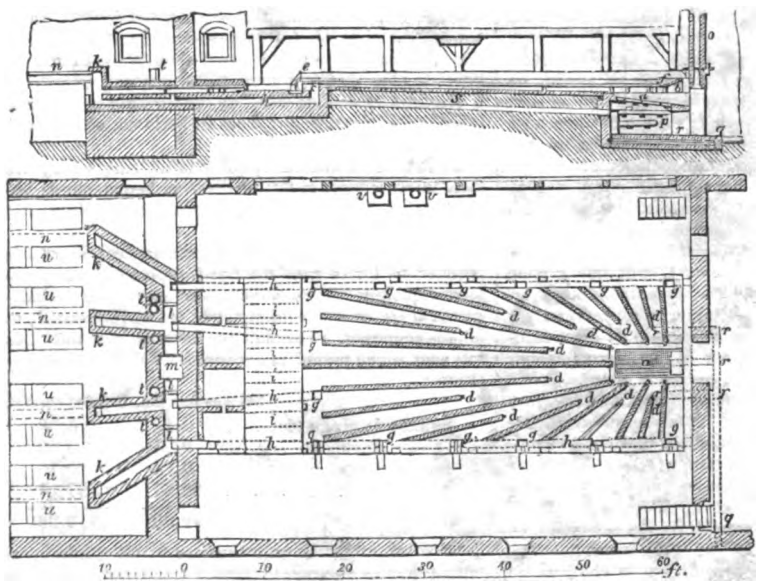
Pour accélérer l'évaporation et entraîner les vapeurs qui se dégagent hors de l'atelier, on place au dessus des chaudières des hottes en planches disposées comme l'indique la fig. 2269 : *d i e k*, sont ces hottes; elles sont composées d'une partie rectangulaire prismatique *e k*,

Digitized by Google



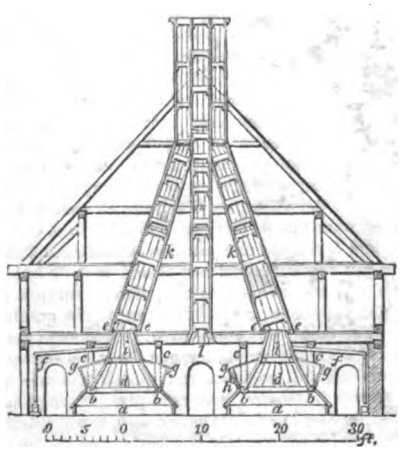
2268.

2267.



2266.

et d'une partie pyramidale *i d*; cette dernière, placée au dessus des chaudières *a*, repose sur un cadre *b b*, supporté, partie par des montants qui s'appuient sur le massif des chaudières, partie par des tirants verticaux *c*, *c*, solidement reliés par leur extrémité supérieure à la



2269.

charpente de l'atelier d'évaporation. *l m*, est une hotte, servant à donner issue aux vapeurs qui n'auraient pu trouver leur écoulement par les hottes placées au dessus des chaudières.

Le travail comprend deux opérations distinctes, le *schlotage* et le *salinage*; tantôt ces deux opérations se font successivement dans la même chaudière ou *poêle*, qui est en forte tôle de 4 à 5 millimètres d'épaisseur, tantôt le salinage s'effectue dans une chaudière séparée, en tôle ou en pierres plates rejointoyées avec un ciment composé de chanvre haché, de chaux hydraulique en poudre et d'huile de lin, placée à la suite de la chaudière à schloter et chauffée à flammes perdues.

L'eau concentrée sur les bâtiments de graduation, et amassée dans les réservoirs d'alimentation des chaudières ou *laissoirs*, est introduite dans la chaudière à schloter, et soumise à une vive ébullition. Il se forme aussitôt une écume provenant de matières organiques enlevées et coagulées par l'ébullition; on y ajoute quelquefois un peu de sang de bœuf fouetté dans l'eau froide, pour faciliter la séparation de ces matières. Comme l'eau salée est alors ordinairement saturée de sulfate de chaux, il ne tarde pas à se former un abondant dépôt de *schlot*, sulfate double de chaux et de soude qui se sépare de la liqueur, en entraînant avec lui un peu de sel; on l'enlève avec de longs râbles et on le dépose dans des auges carrés en tôle percée où il s'égoutte. Au bout de 15 ou 20 heures de feu, le sel commence à se déposer lui-même. On ajoute alors de nouvelle eau provenant des baissoirs, de manière à rétablir le niveau de l'eau qui s'était abaissé par l'évaporation, et l'on schlote encore pendant 8 à 10 heures, jusqu'à ce que la chaudière soit pleine d'eau bonne à saliner.

On procède alors au salinage soit dans la chaudière même où s'est effectué le schlotage, soit dans une chaudière à la suite; lorsque la température est très modérée, le sel cristallise en trémies; d'autres fois, on en trouble la précipitation en poussant plus ou moins rapidement le feu suivant que l'on veut obtenir le sel en grains plus ou moins fins selon les exigences des consommateurs; aussi voit-on la production varier du simple au décuple par mètre carré de surface de la chaudière, suivant la nature ou plutôt la forme du sel à produire; dans tous les cas, on sépare d'abord un peu d'écume qui se forme, puis on ramasse le sel à l'aide d'une grande écumoire, et on l'égoutte dans des trémies ou des paniers placés au-dessus des chaudières; on le transporte ensuite au séchoir, sorte d'étuve à air chaud, où il achève de se dessécher.

D'après des analyses nombreuses sur des échantillons pris à toutes les époques importantes de l'opération du salinage en chaudières, M. Berthier résume ainsi les préceptes et la théorie de cette opération.

Il faut *schloter à grand feu* pour déterminer la formation du schlot, et par suite la séparation d'une grande quantité de sulfate de soude. Après le schlotage, il est utile de saliner à petit feu pour éviter que le sulfate de magnésie et le chlorure de magnésium ne cristallisent avec le sel marin. Au commencement du salinage, il se dépose peu de sulfate de soude, la quantité en augmente lentement, et tout ce sel est déposé avant la fin

Digitized by Google

de l'évaporation ; le dernier sel obtenu ne contient que du sulfate de magnésie.

Le salinage dure ordinairement plusieurs jours ; on est obligé de l'arrêter lorsque le sel devient impur ; on retire alors les eaux-mères dans lesquelles se sont concentrées les sels étrangers contenus dans toute la cuite, et on les met à part ; ces eaux-mères sont épaisses, visqueuses et odorantes ; elles renferment beaucoup de chlorures de magnésium et de sodium et de sulfate de magnésie ; elles contiennent souvent en outre des iodure et bromure de magnésium que l'on en retire dans quelques usines, pour les besoins du commerce. Généralement on tire parti de ces eaux-mères, en les mettant dans un réservoir où elles passent l'hiver ; comme le sulfate de magnésie réagit à une basse température sur le chlorure de sodium ou sel marin, en donnant naissance à du chlorure de magnésium et à du sulfate de soude, il se forme dans ces circonstances un dépot de sulfate de soude presque pur, et que l'on purifie au besoin avant de le livrer au commerce.

La présence du chlorure de magnésium dans les eaux-mères ou plutôt dans les eaux salées est la cause d'une grande perte en sel dans les eaux-mères, et donne en outre, surtout à la fin de chaque cuite, des sels d'un goût désagréable et déliquescent. C'était une grande amélioration à introduire que de parvenir à s'en débarrasser à peu de frais ; M. Berthier y est parvenu par l'application aussi simple qu'ingénieuse de deux réactions chimiques observées pour la première fois par Grenn, et qui consistent 1° en ce que la chaux décompose le chlorure de magnésium, en formant du chlorure de calcium et de la magnésie ; 2° en ce que le sulfate de soude et le chlorure de calcium se décomposent mutuellement et donnent du sel marin et du sulfate de chaux ; or, dans presque toutes les sources d'eau salée il existe du sulfate de soude et du chlorure de magnésium, mais en général le premier de ces sels y est en excès ; si donc l'on ajoute à l'eau salée, avant le schlotage, assez de chaux pour décomposer le chlorure de magnésium, il se formera un dépôt de magnésie et une quantité correspondante de chlorure de calcium qui réagira à son tour sur le sulfate de soude, pour former du sel marin et du sulfate de chaux ; il restera donc un mélange de sulfate de soude, de sel marin et de sulfate de chaux, et, après le schlotage, on pourra saliner sans qu'il reste sensiblement d'eau-mère. Quand on aura à sa disposition d'anciennes eaux-mères, qui sont, comme nous l'avons dit, très riches en chlorure de magnésium, on pourra s'en servir pour ajouter à l'eau salée le chlorure de magnésium nécessaire à l'entière décomposition du sulfate de soude ; alors, après le schlotage, une évaporation brusque donnera du sel d'une pureté remarquable.

Pendant l'évaporation du sel, il s'attache au fond des *poêles* un peu de schlot que l'on est obligé d'enlever à coups de marteau au bout de douze à quinze cuites ; on conçoit que sa formation est très fâcheuse, en ce que les chaudières conduisent moins bien la chaleur et qu'on les détériore pour le détacher. Ce dépôt est désigné sous le nom d'*écailles*, en raison de la forme de ses fragments lorsqu'il est enlevé au ciseau.

A Moutiers, en Savoie, pour remplacer en été l'évaporation par le feu, on se sert d'un bâtiment de graduation à cordes, au moyen duquel on obtient directement du sel cristallisé. Ce bâtiment a 90 mètres de longueur, dont 70 sont garnis de cordes ; au sommet du bâtiment sont placés des canaux de 13 centimètres de large, espacés entre eux de 13 centimètres. Des cordes sans fin passent dans des trous percés dans ces canaux et sont maintenues par des solives au bas du bâtiment ; elles ont 7 à 8 millimètres de diamètre. Il y a vingt-quatre fermes dans l'intervalle desquelles se trouvent douze canaux, et ceux-ci portent vingt-trois cordes chacun, ce qui fait quarante-six longueurs de cordes pour chaque canal ; chaque corde ayant 8 mètres 1/4 de longueur, on voit qu'il a fallu plus de 100.000 mètres de corde pour construire le bâtiment. L'eau est élevée par une *noria* dont les seaux la versent dans un canal qui règne dans toute la longueur du bâtiment ; celui-ci la distribue dans des canaux qui se trouvent entre chaque ferme, et de là elle passe dans les canaux qui supportent les cordes, et qui sont munis d'échancrures par lesquelles l'eau coule sur les cordes.

En été on amène l'eau saturée bouillante sur ces cordes, on l'y fait passer plusieurs fois et le sel marin s'y dépose ; quand l'eau devient visqueuse et épaisse, on la conduit au réservoir des eaux-mères. Le sel cristallise sur ces cordes qui se recouvrent ainsi d'une couche de plus en plus épaisse ; lorsqu'elles ont acquis près de 6 centimètres de diamètre, on les décharge en brisant le sel ; celui-ci tombe sur le sol du bâtiment où on le ramasse.

Le salinage d'une cuite, qui durerait cinq à six jours dans les chambres, se fait en dix-sept heures sur ce bâtiment. Le sel est plus pur, mais les eaux-mères sont plus abondantes.

Dans le bâtiment on obtient deux espèces de sel : le premier se forme dans les bassins quand l'eau y séjourne quelque temps, avant d'être élevée sur le bâtiment ; il est en gros cristaux très blancs ; le second, et le plus abondant, se produit sur les cordes mêmes. Ces sels sont d'une pureté remarquable. Voici leur composition :

	Sel des bassins.	Sel des cordes.
Sulfate de magnésie. . .	0,40	0,58
— de soude. . . .	0,75	2,00
Chlorure de magnésium. .	0,18	0,25
Sel marin.	98,67	97,17
	100,00	100,00

On livre rarement au commerce du sel marin aussi pur ; toutefois ce procédé, plus dispendieux de premier établissement, d'usé et de main-d'œuvre, n'a été adopté qu'à Moutiers ; partout ailleurs on a préféré le salinage en chaudières que nous avons décrit.

Exploitation du sel gemme.

Le sel gemme s'exploite de deux manières essentiellement différentes, soit à l'état solide, par puits et galeries, absolument de la même manière que les autres substances minérales en couches (voyez MINES et HOUILLE), soit à l'état liquide, par dissolution.

Le sel gemme extrait par *puits et galeries* (Northwich, Dieuze, Cardonne, Wieliczka, Bochnia, etc.) est immédiatement livré au commerce, soit en blocs, soit après avoir subi un écrasage ou *égrugeage* préalable, lorsqu'il est suffisamment blanc ; dans le cas contraire, et bien qu'il soit encore souvent plus pur que le sel raffiné provenant de l'exploitation des puits et sources d'eau salée ou des marais salants, on le dissout dans de l'eau, de manière à obtenir une solution concentrée à froid, que l'on fait ensuite cristalliser absolument de la même manière que les eaux salées concentrées sur des bâtiments de graduation, à cette différence près que la solution saline étant plus concentrée, le schlotage marche beaucoup plus rapidement ; lorsque l'on a des sources un peu salées à sa disposition, cas qui se présente assez fréquemment (à Dieuze, par exemple), on emploie ces eaux pour opérer la dissolution du sel gemme à raffiner, ou plutôt on les sature en y ajoutant du sel gemme impur ; on décante, et on procède à l'évaporation comme à l'ordinaire.

L'exploitation des bancs de sel gemme par *dissolution* se fait de deux manières différentes :

Dans le premier procédé, qui est surtout usité dans les mines du pays de Salzbourg et quelques mines de

Digitized by Google

Souabe, on divise l'intérieur de la mine en un certain nombre de compartiments ou *chambres de dissolution*, dans chacune desquelles on fait arriver des eaux douces; ces eaux, au fur et à mesure qu'elles se chargent de sel, tombent au fond; on les en retire ordinairement à l'aide d'un siphon qui, une fois amorcé, a un jeu continu; l'orifice de la branche descendante du siphon doit être plongé dans une petite cuvette et constamment recouvert d'eau; on a soin de faire arriver un peu plus d'eau douce que le siphon ne débite d'eau salée, de telle sorte que l'écoulement est continu, tandis qu'on arrête de temps en temps l'arrivée des eaux douces; il est essentiel de régler l'affluence des eaux douces et l'orifice d'écoulement, de manière que les eaux aient le temps de se saturer complétement. Les eaux saturées de sel sont conduites dans un puisard, d'où on les élève au jour au moyen de pompes; on les soumet ensuite à l'évaporation comme à l'ordinaire.

Dans le second procédé, usité dans presque toutes les salines de la Souabe, on atteint le gîte salifère au moyen d'un trou de sonde (voyez SONDAGE) d'assez forte dimension, dans lequel on installe une pompe élévatoire à piston creux. Les eaux douces des nappes rencontrées dans les couches supérieures des bancs de sel, ou celles qu'on amène au besoin de la surface par l'orifice du trou, dans l'espace annulaire compris entre les parois du trou et les tuyaux d'ascension de la pompe, se chargent peu à peu de sel qu'elles dissolvent en circulant dans les bancs de sel, d'argile ou de gypse salifères; en raison de leur accroissement de densité, elles tombent au fur et à mesure au fond du trou de sonde, d'où elles sont élevées au jour par la pompe. Dans l'origine, le degré de salure est très faible, parce que les eaux douces ne font, pour ainsi dire, que lécher les parois du trou de sonde, et restent très peu de temps dans le trou; mais bientôt l'enlèvement du sel par dissolution donne lieu à des cavités souterraines qui vont constamment en s'agrandissant, et forment un réservoir d'eau salée, qui reçoit les eaux douces à sa partie supérieure, et verse par le bas, dans le tuyau aspirateur de la pompe, des eaux chargées d'une quantité de sel, croissante avec sa capacité et l'étendue de ses parois solubles. Les vides immenses, résultant de ce mode d'exploitation, s'étendent surtout dans le sens horizontal et ne produisent pas d'affaissement à la surface du sol, parce que leurs parois sont efficacement maintenues par la pression considérable des eaux, dont ils sont complétement remplis. Il se fait quelquefois des éboulements sur une partie de la hauteur du trou, surtout vers le toit de la masse salifère; il faut alors retirer la pompe, puis forer de nouveau avec la sonde dans l'éboulement.

Les eaux salées amenées au jour sont évaporées sur le feu de la même manière que celles provenant des bâtiments de graduation.

Voir pour le complément de cet article le mot MARAIS SALANTS. P. DEBETTE.

SEL AMMONIAC. Voyez CHLORURE-*hydrochlorate d'ammoniaque*.

SEL GEMME. Voyez SEL.

SEL MARIN. Voyez SEL.

SELS. On donne généralement le nom de *sels* à des composés résultant de la combinaison des acides avec les bases; on étend aussi cette dénomination à un grand nombre de composés, qui, dissous dans l'eau, se comportent comme des sels : on distingue ordinairement cette classe de sels sous le nom de *sels haloïdes*. On devrait plutôt regarder ces composés binaires anhydres comme analogues aux composés binaires formés par l'oxygène, et leurs combinaisons avec l'eau, ou entre eux, comme des sels analogues aux hydrates ou aux sels proprement dits.

Les sels sont solubles ou insolubles. Généralement les sels solubles le sont plus à chaud qu'à froid; cependant il y a des exceptions : le sulfate de soude, par exemple, est plus soluble à 60° qu'à 100°, et le sel marin l'est à peine davantage à chaud qu'à froid. En se dissolvant dans l'eau, les sels en retardent le point d'ébullition, comme le montre le tableau rapporté p. 1231 de ce Dictionnaire; tantôt cette dissolution produit une élévation de température, comme dans le cas du chlorure de calcium fondu; tantôt elle donne lieu à une production de froid, surtout lorsqu'on emploie l'eau à l'état de glace pilée ou de neige : on profite fréquemment de cette propriété pour produire du froid. (Voyez CONGÉLATION.)

Les sels sont anhydres ou hydratés; leur degré d'hydratation varie avec les circonstances dans lesquelles ils se sont formés. Lorsqu'on soumet les sels hydratés à l'action de la chaleur, ils fondent souvent dans leur eau de cristallisation, ce qu'on désigne en disant qu'ils éprouvent la *fusion aqueuse;* lorsque toute l'eau a été chassée, ils peuvent fondre de nouveau et éprouver une *fusion ignée*. Certains sels, renfermant entre leurs lamelles de l'eau, *décrépitent* par l'action de la chaleur, qui détermine le passage de l'eau interposée à l'état de vapeur, dont la tension surmontant la cohésion moléculaire du sel, le brise en fragments qu'elle projette au loin. Certains sels sont volatils, d'autres fusibles, comme nous venons de le dire, d'autres infusibles; il en est enfin un grand nombre qui sont décomposés par l'action de la chaleur.

Certains sels sont *déliquescents*, c'est-à-dire, se liquéfient, en attirant l'humidité de l'air atmosphérique : tels sont, par exemple, la plupart des sels de potasse et le chlorure de calcium; d'autres sels au contraire, tels que la plupart des sels de soude, sont *efflorescents*, c'est-à-dire qu'exposés à l'air libre, ils perdent peu à peu une partie de l'eau de cristallisation qu'ils renferment, ils s'effleurissent, se délitent et se réduisent en une poudre dont le volume est plus considérable que celui du sel employé.

Les sels se préparent, soit directement, soit par voie de double décomposition, en suivant l'une des lois suivantes, découvertes par Berthollet : Il y a toujours double décomposition lorsque les deux sels solubles que l'on mélange sont susceptibles de produire, par leur décomposition réciproque, un sel soluble et un sel insoluble, ou un sel plus soluble et un sel moins soluble que les deux premiers; il en est de même, à une température élevée, quand il peut se former un sel fixe et un sel plus volatil que les deux premiers : ainsi, en chauffant un mélange d'hydrochlorate d'ammoniaque et de carbonate de chaux, il se volatilise du carbonate d'ammoniaque, et il reste du chlorure de calcium.

On donne le nom de *sels neutres* aux sels formés d'un équivalent d'acide et d'un équivalent de base (voyez ATOMES); ces sels sont le plus souvent sans réaction sur les réactifs qui décèlent la présence des acides et des bases, le papier de tournesol bleu ou rougi par les acides. Les sels acides et les sels basiques, sont ceux qui renferment plus d'acide ou de base que les sels neutres correspondants.

SELS DE VARECH. Voyez SOUDE.

SÉLÉNIUM. Corps simple métalloïde, ayant beaucoup d'analogie avec le soufre, découvert par Berzélius, en 1817. Il se trouve en certaine quantité dans beaucoup de soufres du commerce; on le rencontre également quelquefois en combinaison avec le plomb, le bismuth, etc.; fondu et refroidi lentement, il paraît d'abord d'un gris-bleuâtre, brillant, puis devient d'un brun-rougeâtre à éclat métalloïde, lorsqu'il est complétement refroidi; en poudre, il est d'un rouge foncé : sa densité est de 4,30. Il fond un peu au-dessus de 100°, en donnant en vases clos des vapeurs jaunes, qui sont d'un rouge vif à l'air. Il n'est d'aucun emploi dans les arts.

Digitized by Google

SEMOULE. Voyez AMIDON et GLUTEN.

SEPIA. La sépia est une couleur brune secrétée par les *seiches*, mollusques marins que l'on trouve en abondance sur nos côtes. On fait d'abord sécher aussi rapidement que possible le sac qui la renferme; puis, on broie la matière desséchée avec un peu de potasse caustique en dissolution; on ajoute une nouvelle quantité d'alcali; on fait bouillir pendant une heure et on filtre. La sépia, composée en presque totalité de carbone à un état de division très grand, se dissout; on filtre, on sature l'alcali par un acide; la sépia se précipite alors parfaitement purifiée; on la lave à grande eau, et on la fait rapidement sécher.

SERPENTINE. Sorte de roche verte. (Voyez GÉOLOGIE.)

SERRURERIE. La serrurerie comprend la fabrication des ouvrages en fer forgé qui s'emploient dans les constructions, les mécaniques, etc., etc., autres que ceux qui constituent la CONSTRUCTION DE MACHINES proprement dite.

Nous diviserons cet article en deux parties : dans la première nous parlerons des matières premières, nous étudierons les principaux outils du serrurier et les préparations diverses qu'il fait subir aux matières premières qu'il emploie, pour les convertir en pièces de serrurerie : dans la seconde nous nous occuperons de la serrurerie proprement dite, c'est-à-dire de la fabrication et de la fourniture des diverses pièces de la serrurerie.

Nous subdiviserons cette seconde partie en trois sections qui forment trois professions à part, qui sont : 1° le *serrurier en bâtiments*, 2° le *serrurier charron*, 3° le *serrurier mécanicien*. Le premier fait tous les ouvrages en fer forgé qui s'emploient dans les bâtiments, le second fait ceux qui servent au ferrage des voitures, le troisième, enfin, exécute, d'après des dessins, toutes les pièces en fer forgé qui entrent dans la composition des machines.

Ces trois classes de serruriers, bien que s'occupant de la fabrication d'objets différents, rentrent cependant l'une dans l'autre, ainsi les serruriers en bâtiments travaillent dans les ateliers des serruriers charrons et réciproquement. Cependant les *forgerons charrons* et les *tourneurs* travaillent exclusivement, les premiers, chez les serruriers charrons, les seconds, chez les serruriers mécaniciens.

PREMIÈRE PARTIE.

Les matières premières que le serrurier emploie sont le fer, l'acier, le cuivre, le laiton, la houille, le charbon de bois et quelquefois le coke. Ces substances ont été traitées avec tous les détails nécessaires aux articles FER, ACIER, CUIVRE, LAITON, COMBUSTIBLES, etc., nous n'y reviendrons donc pas ici. Nous rappelons seulement qu'avant d'employer telle ou telle qualité de fer, le serrurier doit toujours faire attention aux fonctions que ce fer doit remplir. S'il doit supporter des fardeaux et résister par son poids seul, il emploiera du fer fort et dur. Si, au contraire, il doit résister à des efforts de traction, il emploiera du fer doux.

Un morceau de fer, avant d'être changé en une pièce de serrurerie quelconque, subit deux sortes d'élaborations. On commence par lui donner grossièrement la forme qu'il doit avoir, c'est ce qui constitue le *travail de la forge*. Une fois que la pièce est ébauchée, on la finit en la limant, la taraudant, la perçant, etc., et c'est le *travail de l'établi*. Toutes les pièces de serrurerie ne passent pas à l'établi. Il en est un grand nombre qui s'emploient telles qu'elles sortent des mains des forgerons.

Chez les petits serruriers, la forge et l'établi sont situés dans une même pièce. L'établi se trouve dans l'endroit le plus éclairé, la forge, au contraire, se place dans l'endroit le plus obscur afin de mieux juger des couleurs du fer que l'on chauffe. Chez les grands serruriers, la forge et tout ce qui en dépend, se trouve dans une pièce généralement au rez-de-chaussée, et l'établi est au-dessus dans une pièce séparée. Les outils que le serrurier emploie se divisent également en deux classes : 1° les outils de la forge; 2° les outils de l'établi. Les outils de la forge, sont : la forge et ses soufflets, les enclumes, les pinces, les broches, les marteaux de toutes grandeurs, les tenailles, les tisonniers, les chasses rondes, carrées et à biseau, les mandrins, les étampes, les tranches, les perçoirs, les tranchets, le casse-fer à froid. Les outils de l'établi sont : les étaux de toutes formes et de toutes grandeurs, les ciseaux, les burins, les mandrins, les filières et tarauds, les machines à forer et leurs forets, les fraises, les trépans, les mèches, les tours, les limes, etc., etc. Plusieurs de ces outils ont été décrits dans divers articles de ce Dictionnaire, d'autres ne l'ont été qu'incomplétement. Nous compléterons ici ce qu'il y a à dire sur les principaux d'entre eux.

La forge du serrurier se compose de la *paillasse*, des *contre-cœur*, qui portent les *tuyères*, de la *hotte* et du *soufflet*. Elle se place d'habitude contre le mur du fond de l'atelier dans lequel sont scellées les barres de fer qui forment la paillasse. Le soufflet se place aussi haut que possible, afin de ménager l'espace et de passer librement au-dessous sans gêner le service. Autrefois les contre-cœur se faisaient en briques. Aujourd'hui on remplace la maçonnerie en briques par une plaque de fonte dans laquelle on perce un trou qui laisse passer la tuyère. Cette plaque en fonte dure deux fois plus longtemps que les briques; on a en outre reconnu que cette disposition économisait du combustible; il en est de même de l'emploi de l'air chaud; mais ce dernier n'est encore que très rarement usité en France.

Le soufflet généralement employé est un soufflet à deux vents. Il présente cependant de nombreux inconvénients. Il occupe beaucoup de place relativement à l'effet qu'il produit; il a de plus le grave inconvénient de ne pas produire un vent continu. Le soufflet à trois vents de Rabier est bien préférable; il donne un vent plus fort, plus continu, et à force égale il est moitié du précédent (voyez *Collect. des brevets*, tom. II, page 122).

Nous conseillerons aussi aux serruriers l'emploi des *régulateurs* ou *ventimètres*, instruments très simples, qui permettent de régler la force du vent et d'obtenir à volonté et après de longs espaces de temps, exactement la même quantité d'air qui une fois a bien réussi pour une opération.

Depuis quelque temps on commence à employer les *étaux parallèles*, c'est-à-dire des étaux dans lesquels la mâchoire mobile reste toujours parallèle à la mâchoire fixe en s'éloignant d'elle. Ces étaux facilitent singulièrement le travail des pièces qui présentent de grandes surfaces planes. On rencontre aussi chez quelques serruriers les étaux de M. Paulin Desormeaux, au moyen desquels on peut donner à la pièce toutes les inclinaisons voulues.

Les machines à forer, et en général tous les outils de serrurerie, ont reçu depuis quelques années de nombreux perfectionnements, ainsi qu'on a pu le voir aux expositions de 1834, 1839 et 1844. (Voyez PERCER.)

Le forgeage et le soudage s'exécutent toujours à chaud; on reconnaît aux caractères suivants que le fer est chauffé au point voulu pour être soudé : 1° quand, en faisant agir le soufflet, il sortira du feu de petites étincelles brillantes, qui ne sont autre chose que des parcelles de fer incandescentes détachées de la pièce par la force du vent; 2° quand, en examinant le morceau de fer, on verra que sa surface paraît être couverte d'une couche liquide qui se remue en tous sens, propriété qui a fait donner le nom de *chaude suante* au degré de chu-

Digitized by Google

leur auquel il faut élever le fer pour qu'il puisse se souder; 3° enfin quand le fer, étant retiré du feu, projette de tous côtés des étincelles brillantes. A cet état on le porte sur l'enclume où on le frappe à petits coups, se succédant avec une grande rapidité, pour lui donner du corps; quand il a acquis plus de solidité on donne des coups plus forts pour lui faire prendre la forme à laquelle on veut l'amener.

Pour souder deux barres de fer, on prépare leurs extrémités de diverses manières. Pour la soudure à simple amorce, les bouts sont préparés en becs de flûte, après les avoir un peu refoulés pour fournir à la perte de la matière par le feu. A cet état on leur donne une chaude suante. Le forgeron et son aide enlèvent chacun une des pièces qu'ils agitent dans l'air pour faire tomber le charbon. Le frappeur présente sa pièce sur l'enclume et le forgeron pose la sienne dessus. Celui-ci donne quelques coups de marteau à main pour coller les deux pièces; puis frappeur et forgeron frappent dessus jusqu'à ce que le soudage soit achevé. Le frappeur doit avoir bien soin de frapper exactement où le forgeron frappe, de diriger son coup comme lui et dans le même sens; enfin il doit mesurer la force de son coup sur celle du forgeron, qui tourne, retourne et promène la pièce sur l'enclume. Si le fer est de mauvaise qualité, il est difficile à souder; on prépare les deux bouts en fourchettes, on fait croiser les branches, on resserre les parties sur l'enclume et on chauffe ensemble les deux pièces jusqu'au point voulu pour le soudage.

Nous avons déjà dit que bien des pièces de serrurerie s'emploient telles qu'elles sortent des mains du forgeron; d'autres au contraire doivent être finies, il faut les limer, les tarauder, etc., etc.

Pour polir une pièce, on commence par la dégrossir avec les limes. On emploie d'abord le carreau, on continue avec une carrelette et, quand la pièce est tout à fait dégrossie, que sa forme est fixée, on finit avec des limes de plus en plus douces dont le but est de faire disparaître les traces les unes des autres.

Quand on a à former des ornements sur le fer et qu'on veut économiser du temps et de la main-d'œuvre, on emploie des *étampes simples* ou *doubles*. Ces étampes sont faites avec un ou deux morceaux d'acier dans lesquels on creuse la moitié de la forme des ornements que l'on veut donner au fer. On fait chauffer le fer comme d'habitude; lorsqu'il est chaud on le porte sur l'enclume, on applique l'étampe dessus, puis frappant sur l'étampe à coups de marteau on fait prendre au fer la forme qu'on désire.

Si ce sont des ornements qu'on veut découper, on commence par les dessiner sur une feuille de tôle, qu'on évide et qu'on applique sur la plaque de fer qui doit porter ces dessins; on les exécute ensuite avec des ciseaux ou avec de petites limes. On finit ensuite l'ouvrage en le polissant comme nous l'avons dit plus haut. Ce genre de travail très recherché autrefois est abandonné aujourd'hui.

Certaines pièces, après avoir été forgées et limées, doivent encore subir d'autres préparations avant d'être livrées. Quelquefois il faut y faire des mortaises; d'autres fois il faut les tarauder, les couper, etc., etc. Nous renvoyons pour cela aux articles DÉCOUPOIR, FILIÈRES, PERCER, TARAUD, où ces opérations sont décrites avec tous les détails nécessaires.

Le travail de l'acier diffère peu de celui du fer, seulement il se forge à une plus basse température. Quand on forge l'acier, il faut le ménager au feu. Pour le souder, il faut avoir soin de jeter souvent du grès pilé dans le feu et sur la pièce, afin de la couvrir d'un vernis de silicate fondu qui empêche l'action directe du feu et détermine la fusion de la surface de l'acier. Quand il est à l'état voulu d'incandescence, on le frappe à petits coups comme le fer.

Le travail de la fonte se réduit à bien peu de chose; on la *taraude*, on la *perce* et on la *lime* quand sa qualité le permet. Lorsqu'on veut couper une pièce de fonte, on emploie la scie, même pour la fonte dure. La seule précaution à prendre est de chauffer la pièce au rouge; à cet état une scie de menuisier suffit, la fonte n'étant pas plus dure que du bois.

DEUXIÈME PARTIE.

1re SECTION. SERRURIER EN BATIMENTS. — Les ouvrages que le serrurier fournit dans les bâtiments peuvent se diviser en trois classes : 1° les ouvrages en fonte; 2° les gros fers ou les fers de bâtiments; 3° enfin les objets de quincaillerie ou de serrurerie dont le nombre est très considérable.

1° *Des ouvrages en fonte.* Les ouvrages en fonte employés dans les bâtiments sont : les plaques de contre-cœur des cheminées, leurs garnitures entières, les réchauds pour fourneaux, les tuyaux de conduite, les barres d'appuis des croisées, les panneaux à jour pour portes et balcons, les colonnes, etc., etc. Nous n'entrerons dans aucun détail sur ces objets; ils viennent tout fondus des usines à fer où on les achète au kilogramme.

2° *Des gros fers ou fers de bâtiments.* On désigne ainsi tous les fers dont le travail se réduit à celui de la forge, ce qui arrive lorsqu'il s'agit de faire une chaîne, une ancre, un tirant, un harpon, etc., etc. Les dimensions et les assemblages de ces pièces varient avec les circonstances dans lesquelles on se trouve. Le serrurier n'a pas à s'en occuper; il travaille d'après les prescriptions et les dessins de l'architecte. Tous ces ouvrages s'emploient tels qu'ils sortent de la forge sans passer à l'établi.

3° *Des objets de quincaillerie.* Les objets les plus généralement employés sont les anneaux, les agrafes, les arrêts, les battements, les cadenas, les charnières, les crampons, les équerres, les espagnolettes, les fiches, les gâches, les gonds, les loquets, les pivots, les serrures, les targettes, les verroux, etc., etc.

Nous ne parlerons pas de toutes ces ferrures, parce que la plupart de ces pièces sont aussi connues que la façon de les travailler.

De tous les ouvrages de serrurerie celui qui demande le plus d'habileté et d'adresse dans l'ouvrier, celui qui exige le plus d'attention pour sa bonté et sa sûreté, celui enfin dont l'usage est le plus important, est sans contredit la *serrure*.

Notre intention n'est pas de décrire ici les innombrables serrures inventées jusqu'à ce jour; nous nous contenterons de dire quelques mots sur les différentes pièces qui entrent dans la composition d'une serrure, et sur les principaux systèmes que l'on a employés et que l'on emploie aujourd'hui.

La serrure (*angl.* locks, *all.* Schlœsser) est une petite machine en fer, quelquefois en cuivre, qu'on applique sur le bord d'un ventail de porte ou d'armoire, ou sur les coffres, tiroirs et secrétaires pour les fermer, et qu'on ouvre ou ferme avec une clef.

Tout le mécanisme de la serrure est enfermé dans une boîte en fer nommée *palâtre*. Cette boîte se compose d'un fond rectangulaire sur lequel sont appliqués les côtés relevés : le plus haut, à travers lequel passe le pêne, se nomme le *rebord*, les trois autres côtés composés d'une feuille de tôle forment ce que l'on appelle la *cloison*. Cette feuille de tôle porte de petites queues saillantes que l'on rive sur le palâtre : le palâtre et la cloison sont donc assemblés d'une manière très solide.

Le *pêne* de la serrure est une espèce de verrou que met en mouvement la clef. La *tête* du pêne est la partie qui sort de la serrure et qui vient s'engager dans la *gâche*, petit crampon fixé à vis ou à scellement sur le battant de la porte. La *queue* du pêne porte, d'un côté,

Digitized by Google

des parties saillantes nommées *barbes du pêne* sur lesquelles la clef agit, et de l'autre, des *encoches* dans lesquelles tombe un *ergot* qui termine un ressort appelé l'*arrêt du pêne*. Le pêne est *simple* ou *fourchu*, selon que la tête est d'un seul morceau ou formée de plusieurs dents. Enfin, dans l'intérieur de la serrure se trouvent certaines pièces de tôle contournées qui s'accordent avec les découpures faites à la clef; c'est ce que l'on appelle les *gardes* ou *garnitures* de la serrure : ces gardes s'opposent au mouvement de toute clef qui n'aurait pas les entailles nécessaires. La clef se compose de l'*anneau* où on applique la main, du *canon* si elle est forée, ou du *bout* si elle ne l'est pas, et du *panneton*. Le panneton lui-même se compose du *museau*, partie plane ou courbe qui touche le pêne de la serrure, et du *corps* qui est la partie comprise entre le museau et la tige. Le panneton porte diverses entailles pour donner passage aux gardes ou garnitures de la serrure. Ces entailles portent différents noms suivant leurs positions. Le canon n'est pas toujours percé d'un trou cylindrique; quelquefois il est en *trèfle*, en *fer de lance*, etc. Tous ces trous s'accordent avec la broche de la serrure fixée bien solidement au palâtre.

Le *verrou* est la serrure réduite à sa plus simple expression. Il se compose d'une barre de fer qui glisse dans des *cramponnets* et qui ferme une porte ou une fenêtre. Le verrou peut être horizontal ou vertical; on le fait marcher avec la main, avec une clef ou avec une bascule. Les verrous de sûreté sont mus par une clef qui leur est particulière.

Le *loquet* est, de même que le verrou, une serrure excessivement simple, il n'opère pas de fermeture, il ne sert qu'à retenir la porte dans sa position.

Le *bec-de-canne* est une serrure dont le pêne *à demi tour* est taillé en chanfrein; de sorte qu'en poussant la porte elle se ferme d'elle-même, le pêne étant continuellement poussé par un ressort. Le bec-de-cane proprement dit n'a pas de clef, il s'ouvre avec un bouton.

La *serrure à un tour et demi* renferme, comme le bec-de-cane, un pêne poussé par un ressort, et tellement disposé qu'il est poussé au-dehors de la serrure par un tour de clef.

La *serrure à pêne dormant* est celle dans laquelle le pêne ne sort que quand il est poussé par une clef, elle peut être à un tour et demi ou à deux tours.

La *serrure à deux tours et demi* se compose de la serrure à pêne dormant et du bec-de-cane réunis; le pêne est mis en mouvement par une clef à deux tours, et le bec-de-cane par une clef ou un bouton.

Lorsque la clef est *forée*, la serrure porte une *broche* dans laquelle la clef entre, ce sont les *serrures à broches*. D'autrefois la clef n'est pas forée, l'extrémité est formée en bouton et tourne dans un trou pratiqué au fond de la boîte : ce sont les *serrures bénardes*, elles s'ouvrent des deux côtés.

Toutes les serrures que nous venons de passer en revue renferment un pêne qui sort de la serrure et vient s'engager dans la gâche qui est à scellement, à pointes ou à vis.

Il existe un autre genre de serrures dans lesquelles le pêne reste toujours enfermé dans la serrure, il faut que la pièce qui lui sert de gâche porte des anneaux plats qui entrent par des ouvertures pratiquées dans le corps de la serrure; on les nomme des *aubernons*. Les cadenas, les serrures de coffre, etc., etc., rentrent dans cette classe.

Il y a un troisième genre de serrures que l'on nomme *serrures à combinaison*. Ces serrures se composent d'un mécanisme dont les pièces doivent s'ajuster dans certaines positions pour que la serrure puisse s'ouvrir.

Parmi ces serrures, les unes s'ouvrent avec une clef, d'autres s'ouvrent d'elles-mêmes quand la combinaison en a été convenablement placée.

Il y a enfin un quatrième genre de fermeture qui porte le nom de *secret*. Ce nom lui vient de ce que, pour ouvrir une porte fermée à secret, il faut agir d'une certaine manière pour parvenir à les ouvrir. Une fois ce secret connu, la fermeture devient inutile.

Nous avons vu précédemment que les serruriers mettaient dans l'intérieur de leurs serrures des feuilles de tôle contournées, nommées gardes, qui s'opposent au mouvement de toute clef qui ne porte pas les entailles nécessaires pour les laisser passer.

Les serruriers, pour donner plus de sûreté à leurs serrures, ont varié à l'infini la forme des gardes. Ils ont même fait des serrures dans lesquelles ces gardes sont *mobiles*. Mais quelque compliquées que soient les serrures à gardes il n'en est aucune qui soit réellement de sûreté; elles le sont toutes de nom, mais aucune ne l'est en réalité. Il suffit, en effet, d'examiner l'intérieur d'une serrure pour être convaincu qu'elle ne donne aucune garantie de sûreté. Les voleurs, aidés de leurs rossignols, parviennent à ouvrir les serrures que l'on croyait inviolables par suite de la complication de leurs gardes.

Enfin, si les gardes sont tellement compliquées que les rossignols ne puissent arriver jusqu'au pêne, ils reviennent à la porte à plusieurs reprises, et font si bien qu'à la fin ils fabriquent une clef parfaitement appropriée à la serrure.

On voit donc que les *serrures ordinaires*, que les *serrures dites de sûreté* ne mettent nullement les propriétaires à l'abri des tentatives des voleurs.

Restent, par conséquent, les serrures à combinaisons. Nous avons vu que ces serrures se divisaient en deux genres : dans le premier, se trouvent les serrures que l'on ouvre avec une clef construite d'une manière particulière et qu'il est impossible d'imiter si on a le soin de ne pas la laisser à tout le monde. Dans le second se trouvent celles qui s'ouvrent en plaçant les pièces qui les composent dans des positions connues seulement du propriétaire.

Le *cadenas à lettres*, serrure à combinaison du second genre, se compose de quatre ou plusieurs viroles qui portent les lettres de l'alphabet ou des signes quelconques. Le cadenas ne peut s'ouvrir que quand les quatre signes voulus sont sur une même ligne, dont la direction est tracée sur chacune des plaques qui terminent le cadenas.

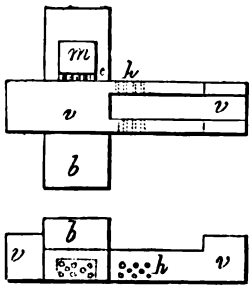
On a construit des serrures sur le même principe : les viroles étaient sur une même ligne, et le pêne, formé comme un peigne, ne pouvait se dégager que quand elles étaient placées sur les caractères convenables.

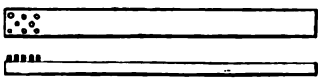
Ces cadenas ou serrures, pour répondre à la sûreté qu'on en attend, doivent être parfaitement con-truits; malheureusement c'est ce qui n'arrive presque jamais. Or, rien n'est plus facile que d'ouvrir un cadenas à lettres mal construit.

Les serrures à combinaison du premier genre, c'est-à-dire celles qui s'ouvrent avec une clef, présentent plus de sûreté. La première serrure à combinaison connue est la serrure égyptienne. Cette serrure, remarquable par sa simplicité et sa sûreté, se compose (fig. 2270) d'un verrou *v*, passant dans une mortaise pratiquée dans une pièce *b*. Sa course est bornée par une encoche qui vient s'appuyer contre les bords de la mortaise. Dans la pièce *b*, on a pratiqué une ouverture *o*, recevant une petite pièce de bois carrée *m*, placée au-dessus du verrou. Cette pièce est garnie de chevilles irrégulièrement placées, et qui répondent à des trous percés dans la partie *h* du verrou. Le verrou lui-même est percé d'un trou longitudinal recevant la clef (fig. 2271), qui est en bois, ainsi que tout l'appareil, et qui porte à son extrémité des chevilles disposées de la même manière que les trous pratiqués dans la partie *h* du verrou. Afin que les chevilles plantées dans la pièce *m*, les trous du

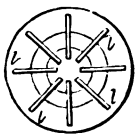
Digitized by Google

2270.

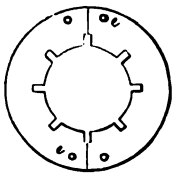




2271.

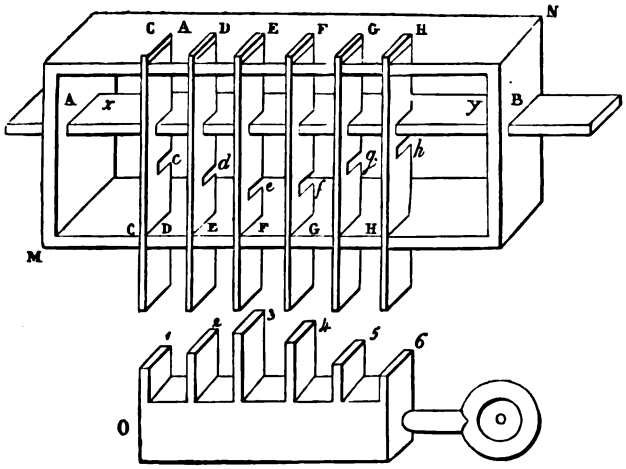


2275.

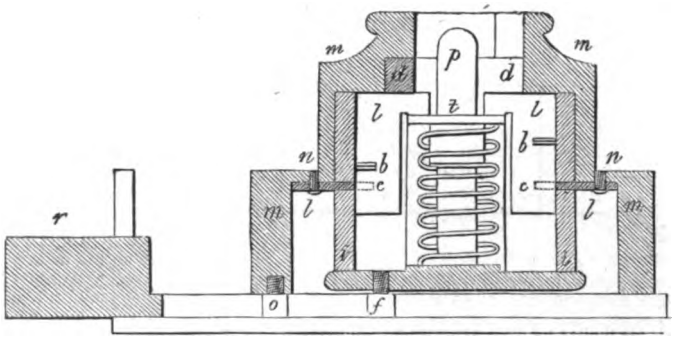


2276.

2272.



2273.



2274.

verrou en *h* et les chevilles de la clef se correspondent, on place ces trois pièces l'une sur l'autre, et on perce les trous du même coup. Supposons que le verrou soit poussé de manière que l'encoche vienne toucher la mortaise, les trous *h* du verrou répondant aux chevilles fixées dans la pièce *m* tombante, et cette pièce descendant par son poids, le verrou se trouve évidemment arrêté. Pour le faire mouvoir, il faut se servir de la clef; pour cela, on l'introduit dans le trou du verrou jusqu'à ce qu'elle touche le fond; on la soulève, et, comme les chevilles dont elle est garnie répondent aux trous du verrou, toutes les chevilles de la pièce *m* sont soulevées à la fois; d'un autre côté, les chevilles de la clef étant d'une hauteur égale à l'épaisseur de la partie *h* du verrou, les chevilles *c* sont soulevées au-dessus du verrou, et, en tirant la clef, on entraîne le verrou, qui n'est plus retenu par les chevilles de la pièce *m*.

Plusieurs serrures à combinaison ont été construites d'après le même principe : nous ne les décrirons pas toutes ici. Parmi ces serrures, celle qui mérite la préférence est sans contredit celle inventée par Joseph Bramah, mécanicien anglais. Si on a le soin de ne pas laisser sa clef à la disposition de tout le monde, on peut être assuré d'avoir une serrure tout à fait incrochetable. La construction de cette serrure repose sur le principe suivant :

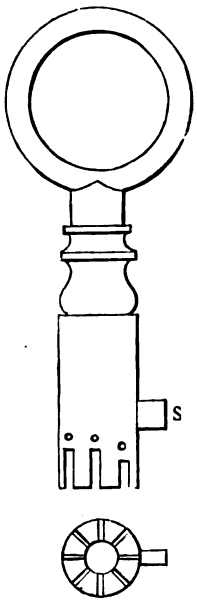
Soit (fig. 2272) un cadre rectangulaire MN, dans les deux petits côtés duquel on a pratiqué deux rainures A, B, dans lesquelles se meut horizontalement un pêne *x y*. Si, sur chacun de ses grands côtés, on fait six entailles C, D, E, F, G, H, et qu'on place dans chacune d'elles une lame d'acier ou de bon fer qui puisse se mouvoir librement, et presque sans jeu, dans les entailles, le pêne *x y*, ne pourra avoir aucun mouvement en avant ou en arrière si ces lames se trouvent engagées dans autant d'entailles qu'on en a pratiqué dans sa longueur, vis à-vis chacune des lames. Mais si ces lames portent à différentes hauteurs des entailles *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, de la même profondeur dont elles s'engagent dans le pêne, celui-ci sortira avec facilité quand on aura élevé toutes ces lames de manière à ce que les entailles qu'elles portent se trouvent toutes dans la même ligne horizontale que parcourt le pêne. On produit cet effet d'un seul coup en employant une clef (fig. 2273) O O, dont les pannetons 1, 2, 3, 4, 5, 6, sont tous d'une longueur inégale et correspondant à la distance où les entailles des lames se trouvent du pêne *x y*.

Nous allons maintenant indiquer l'application que

Digitized by Google

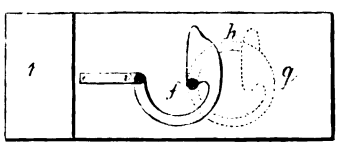
Bramah a faite de ce principe à la construction de la serrure qui porte son nom.

La fig. 2274 montre la coupe de la serrure entière; la figure 2275 est le plan du barillet ou partie mobile de la serrure; la fig. 2276 est le plan de la plaque fixe qui empêche le barillet de tourner toutes les fois que l'on ne fait pas usage de la véritable clef de la serrure; la fig. 2277 représente la clef avec ses entailles et son panneton; la fig. 2278 est le plan du pêne.



2277.

Un cylindre *i i*, est ajusté, à frottement doux, dans une masse de laiton *m m*, qui sert de couvercle à toute la serrure. Au milieu du cylindre *i i*, que l'on nomme barillet, et dans le sens de son



2278.

axe, est creusé un trou cylindrique capable de recevoir la broche *p* avec son plateau *t*, et le ressort à boudin *a*. La broche est rivée sur le plateau inférieur, ou mieux ajoutée à vis. La broche *p*, le plateau *t* et le ressort à boudin *a* sont en acier. Le plateau *t* porte un canon qui lui permet de glisser librement et sans jeu le long de la broche *p*, qui est parfaitement cylindrique et polie. Le ressort *a* tend continuellement à pousser le plateau *t* vers le bord de la broche *p*, et c'est par le mouvement de compression que la clef lui imprime qu'elle met en prise toutes les pièces qui composent l'appareil, afin d'en obtenir les effets assurés qu'on en attend.

La fig. 2275 montre le plan de la partie supérieure du barillet, sans la broche *p*. On y voit les huit lames d'acier, *l*, *l*, qui constituent le jeu de la machine. Ces huit lames, que l'on voit en élévation en *l* (fig. 2274), appuient, par un talon ménagé dans leur partie supérieure, sur le dessus du plateau *t*, et l'on voit sur chacune d'elles des entailles *b*, *b*, à différentes hauteurs. Ce sont ces lames qui empêchent le barillet de tourner autour de la broche *p*, à moins que les entailles de chacune d'elles ne se trouvent toutes dans le plan de la pièce d'acier, que l'on voit en plan fig. 2276. Ce sont les entailles faites au bout de la clef en *o* (fig. 2277), en sens inverse de la distance où elles se trouvent de la plaque *c*, *c*, lorsqu'elles sont toutes élevées à la même hauteur par l'effet de la réaction du ressort à boudin; ce sont ces entailles, disons nous, qui ramènent toutes les entailles *b*, *b*, dans le plan de la plaque circulaire *c*, *c*, par l'effet de la pression du bout de la clef sur le plateau *t*, en comprimant le ressort à boudin *a*, jusqu'à ce que le panneton *s* de la clef se trouve engagé dans la rainure *d*, *d*, d'où il ne peut sortir sans que la clef ait fait un tour entier en avant, ou qu'elle ne retourne en arrière pour se présenter devant la seule issue qui lui est ménagée, et alors le ressort à boudin *a*, réagissant librement, la repousse fortement et la fait sortir d'elle-même de l'entrée de la serrure.

Au-dessus du barillet *i*, *i*, se trouve une vis *f*, taraudée dans la base du barillet, et dont la tête est cylindrique et saillante de toute l'épaisseur de la queue *g* du pêne *r*. Lorsque la clef est enfoncée suffisamment pour que son panneton puisse s'engager sous la rainure *d*, alors les échancrures des lames d'acier se trouvent dans le même plan que la lame *c*, *c*, le barillet peut tourner, et la tête de la vis *f* décrit un cercle (fig. 2278). La fig. 2278, qui représente le plan du pêne, montre la position qu'il a quand la serrure est fermée. On y voit la place de la vis *f* dans cette position. Les lignes ponctuées, dans cette figure, indiquent le chemin que parcourt la même vis en entraînant avec elle le pêne pour lui imprimer une marche rétrograde. En tournant en sens inverse, la vis appuie au point *h*, et elle ne peut achever sa course sans entraîner avec elle le pêne de la même quantité dont elle l'a fait avancer lorsqu'on l'a fait agir dans l'autre sens. La tête de la vis *v* ne sert, en parcourant l'entaille *e e*, qu'à empêcher le pêne de vaciller à droite ou à gauche.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que cette serrure est réellement incrochetable; il est impossible d'y introduire un rossignol, la véritable clef seule peut entrer. Pour qu'un voleur parvînt à l'ouvrir, il faudrait:

1° Qu'il eût une clef forée d'un trou égal à la grosseur de la broche, et tel qu'il lui restât assez de profondeur après que la clef s'est appuyée sur le plateau *t*, pour enfoncer les lames d'acier *l*, *l*, assez bas, pour que leurs entailles soient dans le plan de la plaque *c c*;

2° Qu'il devinât où doit être placé le panneton *s* de la clef, pour qu'en l'enfonçant les entailles qu'il aurait faites au bas de la clef puissent recevoir les extrémités des petites lames d'acier; mais ce panneton peut être placé à tous les points de la circonférence du bas de la clef. Il faudrait en outre qu'il devinât quel est l'enfoncement indispensable à donner à chacune des entailles de la clef pour ramener l'entaille de chaque lame d'acier dans le plan de la plaque *c c*. Et comment le connaîtra-t-il cet enfoncement?

Un seul moyen reste au voleur pour atteindre son but. Ce moyen c'est de fabriquer une collection complète de clefs dont chacune lui présenterait une des nombreuses solutions qui peuvent se présenter... En outre il faut supposer qu'on lui laissera le temps d'en essayer successivement plusieurs...

Nous indiquerons en peu de mots la construction de ces serrures incrochetables.

On fait fondre le barillet et le couvercle en laissant assez de matière pour les tourner. Le barillet est en deux pièces: le corps du cylindre et le fond. Le corps du cylindre porte une saillie en retraite *d d*: cette saillie sera entaillée verticalement pour recevoir le panneton *s* de la clef. Le fond du barillet se tourne à part, s'ajuste à sa place et se fixe au cylindre *i i* par trois vis que l'on ne voit pas. On laisse un trou au centre pour le tarauder et y ajuster à vis la broche *p*.

Le couvercle *m* s'ajuste pareillement sur le tour, de manière à ce que le barillet concorde parfaitement avec le couvercle dans toutes ses parties depuis l'angle *n n*, jusqu'au haut.

Au-dessous de l'angle *n n*, on laisse tout autour du barillet une large ouverture cylindrique, nécessaire

Digitized by Google

pour placer la pièce d'acier *c c*, qui est en deux morceaux et fixée par quatre vis.

Le couvercle étant ajusté avec le barillet on renverse ces deux pièces ensemble et l'on fait sur la circonférence extérieure du barillet une marque au niveau de l'angle inférieur *n*. On fait sur le tour et à la place de la marque, avec une *échoppe* d'une largeur égale à l'épaisseur de la plaque *c c*, une rainure d'une profondeur suffisante pour que la plaque d'acier *c c* y entre librement et n'y soit pas gênée.

On passe ensuite aux entailles nécessaires pour recevoir les lames *l, l;* pour cela on se sert d'un outil à fendre d'horloger qu'on nomme *machine à diviser* : on fixe sur le tasseau le cylindre par son fond, qui y est déjà ajusté, et à l'aide d'une *fraise* de l'épaisseur qu'on veut donner aux lames, on fend en 4, en 6 ou en 8, depuis la saillie en retraite jusqu'au-dessous de la lame qui doit le plus s'enfoncer. On sent que ces lames n'ont pas besoin de dépasser de beaucoup la plaque *c c* et pourvu que celle qui correspond à l'entaille la moins profonde de la clef, conserve dans sa plus grande ascension 1 ou 2 mill. jusqu'au dessous de la plaque *c c*, cela suffit et le cylindre conserve alors une grande solidité.

Après cela on ajuste les lames *l, l*, sans leur faire aucune entaille et on les fait jouer en présentant la clef. On sent combien cela est facile, puisqu'elle est dirigée 1° par la broche *p*, 2° par l'entaille *d* qui reçoit le panneton *s*, et 3° par les entailles pratiquées au bout de la clef qui font descendre plus ou moins les lames. On enfonce la clef jusqu'à ce que le dessus du panneton *s* soit de niveau avec le dessus de la saillie en retraite *d d;* comme dans cette opération le barillet est séparé du couvercle *m*, le panneton ne trouverait aucun arrêt et la clef poussée par le ressort à boudin qu'on a comprimé, serait repoussée par la réaction de ce ressort aussitôt qu'on la lâcherait. Pour la tenir dans cette position, on fixe le barillet surmonté de la clef dans un petit outil qui l'embrasse sous son fond et comprime la clef par dessus à l'aide d'une vis de pression.

Alors, avec une petite fraise montée sur un arbre et placée sur le tour, on fait, par l'ouverture circulaire pratiquée au barillet, vis-à-vis de l'angle inférieur *n*, et dans chacune des lames, une entaille assez profonde pour ne pas gêner la plaque *c c* et pour que les lames elles-mêmes ne soient pas gênées; inutile de dire que la fraise doit être de la même épaisseur que la plaque *c c*. On voit donc qu'en faisant les entailles à la clef avant de les faire dans les lames, il n'est rien de plus aisé que de faire avec précision ce qui est le plus difficile dans la construction de ces serrures.

L'intérieur de la serrure étant construit, il s'agit d'achever le couvercle. On entaille le fond de manière à y laisser passer librement et sans jeu la queue du pêne; le pêne s'y meut comme dans une coulisse. On découpe dans la queue du pêne une entaille comme on la voit dans la fig. 2278, pour que la tête de la vis *f* puisse lui imprimer un mouvement de va-et-vient.

On fixe ensuite le tout sur la plaque de serrure. On a une plaque de laiton fondu coudée à angle droit. Après y avoir pratiqué le passage de la tête du pêne, on pose le couvercle à plat dessus en recouvrant la queue du pêne, et après avoir percé deux trous diamétralement opposés dans les deux blocs de matière qui dépassent la largeur du pêne, on y place deux vis à têtes noyées. Par cette disposition les vis sont cachées et ne peuvent être saisies par les voleurs. On pratique ensuite quatre trous dans la plaque de la serrure. Ces trous reçoivent des vis qui fixent la serrure contre le tiroir, la porte de l'armoire, etc., etc. La tête de ces vis étant dans l'intérieur de l'appartement, il en résulte que les voleurs n'ont aucune prise sur elles du dehors.

On fait d'après ce principe des grandes serrures de portes cochères qui s'ouvrent avec de très petites clefs. M. Huret, habile serrurier, fait des serrures de Bramah, auxquelles il ajoute des secrets, ce qui les rend bien plus sûres encore. On peut avec ces serrures laisser la clef sur la porte sans qu'on puisse l'ouvrir.

La pose des sonnettes est une partie de l'art à laquelle les serruriers attachent beaucoup d'importance. Rien cependant n'est plus facile que de changer la direction d'un mouvement rectiligne au moyen de leviers coudés ou de poulies de renvoi. Tout consiste à faire agir les leviers ou poulies dans le plan des deux directions que l'on veut donner au fil de fer.

Les leviers coudés que les serruriers emploient, connus sous le nom de *mouvements de sonnette*, sont de petits triangles en fer ou en cuivre qui roulent par le sommet d'un de leurs angles sur une petite broche piquée dans le mur. Quelques-uns sont horizontaux, d'autres sont verticaux.

L'ouvrier doit s'arranger de manière à disposer sa transmission suivant les localités et à faire suivre au fil la direction qu'elles exigent. Pour cela il est forcé de percer des trous dans les murs, les cloisons, etc., etc. Il doit donc être muni de tous les appareils nécessaires à cet effet.

Pour peu qu'il y ait trois ou quatre mouvements on éprouve un peu de roide dans le jeu de la sonnette, par suite du frottement de ces mouvements sur leurs axes, et des frottements du fil de fer dans les trous qu'il traverse. Pour aider à l'effort du ressort auquel la sonnette est attachée, on place dans la direction même du fil des ressorts en fer ou en cuivre composés d'un fil de fer ou de cuivre enroulé en hélice sur un cylindre; c'est ce que l'on appelle les ressorts à boudin.

Les mouvements dont nous venons de parler sont toujours apparents; cela produit un mauvais effet, surtout dans les appartements à corniches. On remédie à cet inconvénient en les remplaçant par des poulies qui se logent dans des cavités, pratiquées dans les angles des murs, qu'on recouvre ensuite avec une feuille de tôle dans laquelle on pratique une ouverture pour laisser passer les deux fils.

Nous aurions encore bien des choses à dire sur le ferrage des portes, des fenêtres, sur la construction des rampes, etc., etc.; mais nous ne pourrions le faire sans sortir des bornes de cet article. Pour tous les détails nécessaires nous renverrons aux ouvrages de MM. Hoyau et Degrandpré.

Nous terminerons ce qui a rapport au serrurier en bâtiments par quelques considérations sur l'estimation des ouvrages de serrurerie; nous dirons ensuite quelques mots sur la manière de régler les mémoires, partie qui intéresse non seulement les serruriers, mais encore ceux qui les font travailler.

La serrurerie a deux genres de fournitures : le premier renferme les ouvrages faits sur commande et à la convenance des localités, ce sont les *ouvrages de forge;* le second comprend les objets fabriqués connus sous la dénomination de *quincaillerie.*

Il est difficile d'évaluer d'une manière bien exacte le prix de revient des ouvrages de forges. Pour 100 kil. de gros fer mis en place, par exemple, ce prix se compose :

1° Du prix de la matière première, qui varie à chaque instant, et qui aujourd'hui est réglé à des prix tellement bas, qu'il est bien difficile à un serrurier de faire du bon pour ce prix. Pour obtenir une pièce en fer forgé pesant 100 kil., il faut employer plus de 100 kil. de fer brut. On a reconnu, en effet, que pour obtenir 100 kil. de fer forgé, il fallait employer 103 kil. de fer brut. Il y a donc là 3 kil. de fer perdu; c'est ce qui constitue le *déchet.* Ce déchet est excessivement va-

Digitized by Google

riable; il dépend de la qualité du fer, de celle du charbon, et surtout de l'habileté du forgeron. Dans tous les cas, il doit entrer dans le prix du compte de revient;

2° Du prix du charbon consommé par la forge;

3° Du prix de la main-d'œuvre, dans laquelle se trouve compris le temps employé par le forgeron et son aide pour préparer la pièce;

4° Du prix de la pose, dans lequel on ne comprend que le temps employé par l'ouvrier pour poser l'ouvrage sur place;

5° Enfin de faux-frais, dans lesquels on comprend : 1° la location de la boutique; 2° la patente et les droits; 3° l'établissement et l'entretien des forges et de leurs accessoires; 4° le transport des ouvrages faits de l'atelier au bâtiment.

Les auteurs varient sur le chiffre que l'on doit allouer aux entrepreneurs pour le déchet et les faux-frais; tous accordent 1/6e du tout pour le bénéfice. Morizot admet 1/10e pour le déchet et 1/5e de la main-d'œuvre pour les faux-frais. Toussaint accorde 1/6e de la main-d'œuvre pour les faux-frais.

L'évaluation des ouvrages de quincaillerie est beaucoup plus facile; elle se compose :

1° Du prix d'acquisition principale;

2° De celui des menues fournitures, accessoires à certaines pièces et servant à leur pose, comme les vis, les clous, etc., etc.;

3° Enfin du prix de la pose.

Il y a, en général, trois manières de compter les ouvrages de serrurerie : les uns se comptent au poids, ce sont les grosses pièces, les *ancres*, *chaînes*, etc.; les autres à la mesure linéaire, telles sont les *rampes d'escalier*, les *espagnolettes*, etc.; d'autres, enfin, se comptent à la pièce, ce sont les objets fournis en partie par la quincaillerie, les *serrures*, *pommelles*, etc.

Nous ne déterminons ici aucun prix; ils sont, en effet, si variables qu'on ne sait pas aujourd'hui ce qu'ils seront dans deux ou trois mois.

Dans tout ce que nous venons de dire, on suppose toujours que les fournitures sont faites dans les premières qualités; lorsqu'elles seront de qualité inférieure, l'architecte diminuera de 1/5, 1/4 et même 1/2 du prix de fourniture; si l'ouvrage est mal fait, il le refusera.

Il faut une bien grande habitude des détails de serrurerie et avoir l'œil bien exercé, pour ne pas se laisser imposer par les *énonciations amplifiées* de MM. les serruriers. On rencontre quelquefois des entrepreneurs qui demandent, dans plusieurs articles de leurs mémoires, la fourniture d'un objet. Pour une serrure, par exemple, ils compteront : 1° la *fourniture*, 2° l'*entrée*, 3° les *boulons*, 4° les *vis*, 5° la *gâche*, 6° la *pose*. Leur but est évidemment d'obtenir un prix plus élevé que celui qui est dû. Pour les menues réparations d'objets composés de plusieurs pièces cachées, comme les serrures, on rencontre encore des serruriers qui divisent une légère réparation en plusieurs articles, qui, réunis ensemble, donnent un total excédant de beaucoup le prix du même ouvrage neuf.

C'est au vérificateur à rassembler en un seul article tout ce qui appartient au même objet, et qui a été livré en même temps, comme la serrure et ses accessoires; il ne doit régler à part que les objets de façon, c'est-à-dire ceux qui ont été *faits exprès* pour le besoin spécial de l'emplacement.

2e SECTION. DU SERRURIER CHARRON. — Le serrurier-charron s'occupe de tout ce qui a rapport au ferrage des voitures. De tous les ouvrages qu'il emploie, il en est trois qui sont exclusivement fabriqués par lui; les autres peuvent l'être par les serruriers en bâtiments : ces ouvrages sont les *essieux*, les *cols de cygne* et les *ressorts*.

On donne le nom de col de cygne à toute courbure que l'on fait subir à une tringle de fer, et qui imite plus ou moins la forme du cou d'un cygne. Dans une voiture, on appelle col de cygne la pièce en fer qui marie l'*avant train* à l'*arrière-train*; elle a pour but de former une courbe assez élevée pour permettre aux roues de l'avant-train de passer dessous, disposition qui permet à l'avant-train de pivoter sur la cheville ouvrière, et à la voiture de tourner comme s'il n'y avait que deux roues.

Le col de cygne se fabrique en plaçant une barre de fer de Berry entre deux barres de fer de roche. Ces trois barres sont bien forgées, bien soudées ensemble à la chaude-suante, et amenées à une grosseur qui, suivant la force de la voiture, varie de 0m,04 à 0m,05l d'équarrissage. Le col de cygne se fait en deux parties, celle du devant et celle de derrière. Quand la pièce est forgée, on lui donne la courbure nécessaire, courbure qui est déterminée par la forme de la voiture et la hauteur de ses roues. Cela fait, on soude les deux parties ensemble; on chauffe au rouge cerise; on forge pour donner définitivement à la pièce la forme et la grosseur voulue; puis on pousse dessus les ornements, s'il doit y en avoir.

Les *ressorts de voitures* sont des assemblages de feuilles minces d'acier, ayant de 3 à 7 mètres d'épaisseur sur 6 à 8 centimètres de large, qui, par leur élasticité, adoucissent la transmission du choc des roues sur les corps durs.

Les ressorts les plus ordinaires ressemblent à une portion de cercle sur laquelle s'enroule une courroie en cuir qui supporte la voiture. Cette courroie vient se fixer à un petit cric attaché aux patins derrière le ressort. Il y a, en général, quatre ressorts par voiture. Aujourd'hui, on donne une autre forme aux ressorts des voitures; on les fait droits, comme dans les locomotives.

Le ressort est composé de plus ou moins de feuilles d'acier, suivant la force de la voiture. Les petits en ont cinq, les forts en ont dix, quelquefois douze.

Pour faire un ressort, le serrurier commence par déterminer le diamètre de sa courbure et la longueur de sa queue. Ces deux quantités connues, il en déduit la longueur de la première feuille, qui évidemment sera la plus grande.

Il forge et il lime cette première feuille pour lui donner la forme voulue. La pièce étant préparée, il la place dans une étampe; puis à quelques centimètres de l'extrémité de la feuille, et au milieu de sa largeur, il fait un petit bouton nommé *tétion*. Ce tétion a une saillie de 6 à 8 millim. et une épaisseur de 8 à 4 millim. La seconde feuille, plus courte que la première, se pose dessus; on fait à 5 ou 6 centim. de son extrémité, et au milieu de sa largeur, une mortaise longitudinale de 4 ou 5 millim. de large sur 0m,030 à 0m,035 de long, dans laquelle entre le tétion de la première feuille. A 5 ou 6 centimètres de la mortaise, et toujours au milieu de la largeur de la feuille, on fait un petit tétion, qui a la même dimension que celui de la première feuille, et qui entrera dans la mortaise longitudinale que l'on pratiquera au milieu de la largeur et à quelques centimètres de l'extrémité de la troisième feuille, qui, plus courte que la seconde, se posera également dessus. On continuera ainsi jusqu'à la dernière feuille, qui est la plus courte, et qui porte une mortaise longitudinale sans avoir de tétion. Le tétion a pour but de permettre aux feuilles du ressort de prendre un petit mouvement d'oscillation sans avoir un mouvement latéral.

Quand les feuilles sont ainsi superposées, on pratique, au tiers environ de la plus grande feuille, une mortaise qui traverse toutes les feuilles : c'est là que se place le *collier* du ressort. A partir du collier, on

Digitized by Google

pratique d'autres mortaises pour fixer le ressort sur la voiture : le nombre de ces mortaises varie avec le nombre des points d'appui dont on peut disposer.

Cela fait, on centre la maîtresse tige en lui donnant la courbure voulue ; les autres se modèlent évidemment sur elle. Quand elles sont bien cintrées, on les trempe en paquet au rouge-cerise ; on les recuit légèrement afin d'égaliser la trempe. Il ne reste plus qu'à les poser.

L'*essieu* constitue une partie essentielle de la voiture ; c'est sur lui que repose la charge, et ce sont ses extrémités qui servent d'axes aux roues de la voiture.

Un essieu se compose de deux *fusées coniques*, ordinairement tournées, qui entrent dans une boîte en métal fixée dans le moyeu de la roue, et du *corps de l'essieu*, habituellement de forme rectangulaire, sur lequel se placent les brancards ou les ressorts de la voiture. Les extrémités des fusées sont traversées par des chevilles en fer, ou elles sont garnies d'*écrous taraudés*, l'un à droite, l'autre à gauche, pour retenir les roues.

Les essieux se font en *bois*, en *fer* et quelquefois en *acier*.

Les essieux en bois ne sont guère employés que pour les voitures de la campagne et les petites voitures comtoises traînées par un cheval. Les fusées sont garnies au-dessous d'une bande de fer, dont l'extrémité, façonnée en virole, lie le bout de l'essieu et porte le trou de la cheville.

Les essieux en fer sont plus généralement employés. On les fait de plusieurs barres de *fer méplat*, de la meilleure qualité possible, qu'on forge ensemble en ayant soin de diriger *leurs champs* dans le sens de l'effort qui se produit de bas en haut.

L'expérience a appris aux forgerons les dimensions qu'il faut donner aux essieux pour supporter une charge voulue. Ils doivent pouvoir supporter la voiture non seulement quand elle est en repos, mais encore quand elle est en mouvement ; ce qui est bien différent ; car dans le premier cas il y a une simple pression, dans le second il y a pression et percussion sans cesse répétée, et qui s'accroît avec le mauvais état du chemin. La solidité de l'essieu est une chose très importante ; de sa rupture résultent les plus graves inconvénients, tant pour les rouliers que pour les animaux qui traînent les voitures : il vaut toujours mieux donner plus que moins.

Dans le tableau suivant, nous donnons les dimensions que les charrons anglais donnent aux essieux des voitures qu'ils construisent :

NATURE des voitures.	Nombre des roues.	Charge sur chaque essieu.	Portée des essieux	DIAMÈTRE au gros bout.	DIAMÈTRE au petit bout.
		k.	m.	cent.	cent.
Tilbury. .	2	404,5	0,30	3,8	3,2
Cabriolet.	2	296	0,23	4,1	3,5
Briska . .	4	235	0,20	4,1	3,5
Char-à-bancs. .	4	248	0,23	4,5	3,8
Landau. .	4	400	0,23	5,1	3,8
Diligence.	4	382	0,28	5,7	4,1
Charrette.	2	609	0,29	6,4	3,4
Wagon. .	4	1015	0,33	7,6	6,4
Charrette de roulage. . .	4	1420	0,33	8,6	6,9

Pour une charrette pesant 10.000 et traînée par quatre chevaux, on donne au corps de l'essieu une section de $0^m,094$ sur $0^m,067$.

Les autres pièces employées au ferrage des voitures rentrent dans la catégorie des pièces fournies par les serruriers en bâtiments.

3e SECTION. DU SERRURIER-MÉCANICIEN. — Le serrurier-mécanicien est celui qui fait toutes les pièces en fer forgé qu'on lui commande, souvent même il fait des machines entières. Il doit savoir forger, limer, tourner le fer, l'acier, le cuivre. Nous n'entrerons ici dans aucun détail sur ses attributions, et nous renverrons à l'article CONSTRUCTION DES MACHINES de cet ouvrage.

Bien que l'art du serrurier soit très ancien, il existe cependant bien peu d'ouvrages sur la serrurerie. Les seuls qui méritent d'être consultés sont les suivants :

Duhamel-Dumonceau. *L'Art du serrurier*, faisant partie de la collection des arts et métiers publiée par l'Académie ;

Royau. *L'Art du serrurier*, 1 grand vol. in-fol., 1826.

Le baron de Grandpré. *Manuel théorique et pratique du serrurier*, 2e édition.

Thiollet. *Serrurerie et fonte de fer*, 1 vol. in-fol., 1826.

Eck. *De l'emploi du fer et de la fonte dans les constructions*.

A. CURTEL.

SIFFLET D'ALARME. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR et MACHINE A VAPEUR.

SILEX. Voyez PIERRE A FUSIL.

SILICATES. Les silicates sont les combinaisons que le silice forme avec les bases ; on en trouve un grand nombre parmi les minéraux constitutifs de l'écorce terrestre. Ils sont tantôt attaquables, tantôt inattaquables par les acides, excepté par l'acide hydrofluorique, qui les décompose toujours. Dans tous les cas, en les fondant avec le double ou le triple de leur poids de potasse caustique, et même souvent de carbonate de potasse, on obtient un silicate basique qui est décomposé par les acides avec précipitation de silice gélatineuse. Les silicates sont fusibles ou infusibles ; on peut poser, comme règle générale, que les silicates multiples sont plus fusibles que les silicates simples. L'étude de la fusibilité des silicates est une question fort importante dans la fabrication des poteries, des verres et dans la métallurgie, où elle permet de séparer les matières terreuses ou gangues qui accompagnent les métaux de leurs minerais, en les liquéfiant par l'addition des fondants convenables.

Voyez DOCIMASIE, FER, POTERIE, VERRE, etc.

SILICE (*angl.* silica, *all.* kieselerde). La silice ou acide silicique est composée de :

Silicium. . . . 0,4804
Oxygène . . . 0,5196
} SiO^3.

Elle est très abondamment répartie dans la nature, soit à l'état de pureté presque parfaite, et elle constitue alors l'espèce QUARZ, soit à l'état de combinaison avec les bases, ou de silicates qui, avec les calcaires, forment toutes les grandes masses de l'écorce terrestre. Seule la silice est absolument infusible dans nos fourneaux. La silice à l'état de quarz, ou après calcination, ou même après une forte dessiccation, est tout à fait insoluble dans l'eau et les acides, l'acide hydrofluorique excepté ; mais à l'état de gelée, et surtout à l'état naissant, elle s'y dissout souvent en grande quantité.

En quelque état qu'elle se trouve, la silice se combine aisément, par voie sèche, avec les bases ; cette propriété permet de se procurer facilement de la silice pure et gélatineuse ; il suffit de prendre du sable de rivière lavé par les acides, de le fondre avec la moitié de son poids de carbonate de potasse ou de soude, de reprendre le résidu par un acide ajouté en quantité suffisante pour saturer l'alcali, d'évaporer à siccité pour rendre la silice insoluble, puis de reprendre par

Digitized by Google

un acide faible pour enlever l'alumine, etc.; on jette ensuite sur un filtre et on lave avec soin. La silice ainsi obtenue est soluble dans la potasse caustique, même après avoir été calcinée.

SILICIUM. Le silicium s'obtient en réduisant, à une faible chaleur, la silice par le potassium ou le sodium; il n'a aucun emploi dans les arts.

SILO. Dans certains pays on conserve le blé dans des excavations souterraines, auxquelles on a donné le nom de *silos*. Quelquefois ces excavations sont murailléés et rejointoyées avec soin, mais le plus souvent on se contente de les pratiquer dans un sol argileux, compacte, homogène et imperméable à l'eau, et on en dessèche l'intérieur avec un feu de paille. On remplit ensuite le silo de grain que l'on y tasse, en ayant soin d'interposer partout une couche de paille entre les parois et le grain; puis, quand on est arrivé à 0m,70 environ en contre-bas du niveau du sol, on recouvre le grain d'un lit de paille et l'on tasse de la terre par dessus, de manière à former un monticule, pour que les eaux pluviales ne puissent y séjourner et s'infiltrer dans l'intérieur du silo. C'est par ce procédé que l'on conserve pendant plusieurs années, dans les pays chauds, et surtout en Hongrie, en Espagne, etc., des quantités considérables de froment.

SIROP. Les sirops sont des liquides amenés, par l'addition d'une certaine quantité de sucre, à une consistance particulière, que l'on désigne sous le nom de consistance sirupeuse.

Certains sirops se préparent en dissolvant à froid 2 parties de sucre blanc dans 1 p. d'eau distillée aromatique, laissant reposer, et filtrant en décantant. Les autres sirops se préparent ordinairement avec des sucres de qualité inférieure, par coction et clarification. On commence par battre quelques œufs avec de l'eau, on y mêle la cassonnade ou le sucre, puis on y ajoute le reste de l'eau, et on chauffe lentement et graduellement jusqu'à l'ébullition; l'albumine se coagule et entraîne les matières étrangeres, en venant former à la surface une écume que l'on enlève avec une écumoire. Souvent au lieu de mettre d'abord les blancs d'œufs, on les dissout à part dans un peu d'eau, et on ne les ajoute que lorsque le sirop entre en ébullition. On laisse ensuite déposer le sirop, et on le décante ou on le passe à travers une chausse en laine. Les sirops de fruits se préparent comme ci-dessus, en remplaçant l'eau par le suc extrait du fruit par pression.

SODA-WATER. Voyez EAUX GAZEUSES.

SODIUM. Le sodium est le radical de la soude. Ce métal a été découvert en 1807 par Davy; il a les plus grandes analogies avec le POTASSIUM, et se prépare par un procédé absolument semblable.

Le sodium se distingue du potassium par une moindre volatilité et une moindre fusibilité, mais il est un peu plus malléable et se laisse facilement aplatir en feuilles minces, tant qu'il n'approche pas de son point de fusion. Il fond à 90°. Sa densité, à + 15°, est de 0,97. Exposé au contact de l'air, il s'oxyde peu à peu et se recouvre d'une couche de soude; projeté sur l'eau, il y éprouve un mouvement giratoire excessivement rapide, la décompose, s'empare de son oxygène et met en liberté l'hydrogène qui se dégage. Il ne se produit pas de flamme, dans cette circonstance, comme avec le potassium, à moins qu'on ne ralentisse la rapidité du mouvement giratoire par des moyens mécaniques, en rendant, par exemple, l'eau visqueuse par l'addition d'un mucilage de gomme, etc.

Le sodium s'allie en deux proportions avec l'oxygène, pour former la SOUDE (protoxyde de sodium) et le peroxyde ou sesqui-oxyde de sodium.

SOIE (*angl.* silk, *all.* seide). De toutes les matières filamenteuses, la soie est la plus curieuse à étudier et la plus précieuse : la forme sous laquelle elle est produite, son éclat, sa résistance, son élasticité jointe à sa ténuité et à ses propriétés chimiques lui donnent une grande valeur. On peut dire que la soie est aux matières textiles ce que l'or est aux métaux (1).

Tout le monde sait que, dans le travail de la chenille du mûrier, cette matière cornée et coagulable, qui a la propriété de se durcir au contact de l'air, sort des deux filières de l'insecte en deux brins séparés qui, en se soudant, forment par leur agglomération le fil de soie. L'existence de ces deux brins peut être constatée très facilement avec une loupe ordinaire, et au microscope elle devient tout à fait sensible. La fig. 2279 indique assez exactement la forme de ces fibrilles extrêmement ténues, qu'on peut comparer à deux cannelures accollées et transparentes. Elles ne sont pas cylindriques, mais très sensiblement aplaties, comme on peut s'en convaincre en les faisant mouvoir dans plusieurs sens opposés pendant qu'on les examine au microscope.



2279.

La surface des brins, vue avec cet instrument, présente souvent des inégalités qui ne semblent exister que sur la couche extérieure de la substance qui enveloppe le tube, ou partie intérieure de la matière élaborée par l'insecte, dont nous rechercherons bientôt les causes.

Quoique la soie ait naturellement la forme du fil, elle ne peut être utilisée qu'après un travail et des préparations toutes particulières qui constituent une véritable industrie, *celle du tirage de la soie des cocons*. Comme le progrès de cette spécialité dépend de la parfaite connaissance des conditions dans lesquelles la soie est produite, il est nécessaire d'indiquer au moins succinctement les points essentiels qui peuvent avoir de l'influence sur les résultats industriels.

De la production de la soie. La graine du papillon femelle, après avoir été fécondée par le mâle, est conservée d'une année à l'autre. Lorsque la saison des bourgeons est venue, on fait alors éclore cette graine en l'exposant à une chaleur artificielle, de façon à faire concorder l'époque de l'éclosion avec celle de l'apparition des premières feuilles des mûriers qui sont la nourriture exclusive des vers à soie. Le petit ver ou petite chenille, convenablement soigné et nourri, se développe rapidement. Il atteint dans une vingtaine de jours la taille et la forme indiquées fig. 2280; il a



2280.

alors surmonté bien des périls et des vicissitudes qui seront décrites lorsque nous traiterons de l'éducation des vers à soie.

Quoique les feuilles des mûriers forment la nourriture exclusive des vers à soie, on a cependant démontré par des expériences positives qu'on peut élever des vers avec d'autres végétaux, et entre autres avec une

(1) L'article suivant est extrait en grande partie de notre ouvrage sur l'industrie des matières textiles, actuellement sous presse.

Digitized by Google

espèce de salade, et en obtenir de la soie de bonne qualité. Nous ne savons pourquoi des expériences semblables, si intéressantes pour la science et pour l'industrie, n'ont pas été plus souvent renouvelées.

La description anatomique des vers à soie a été faite par presque tous les naturalistes. Ils ont tous constaté à l'intérieur de l'insecte l'existence de deux vaisseaux qui descendent de la tête et viennent se coucher sur l'estomac, où, après quelques sinuosités, ils vont se ranger du côté du dos. Ces petits vaisseaux, ordinairement jaunâtres, quelquefois blancs, et la plupart du temps blancs aux extrémités et jaunâtres au milieu, sont les réservoirs de la soie. Chacun d'eux aboutit à une filière ou petit trou formé par un corps charnu. Deux filières semblables vont se réunir à la lèvre inférieure pour pousser la nourriture de l'insecte dans la bouche. La *matière soyeuse* arrive des vaisseaux de soie aux filières en deux petites veines parallèles extrêmement déliées. Les vaisseaux de soie se plient et se replient sur eux-mêmes, par un très grand nombre de révolutions dans le corps de l'insecte, jusqu'à leur dernière extrémité qui est complétement fermée. On n'a pu encore découvrir les communications de ces vaisseaux avec les parties qui doivent les alimenter.

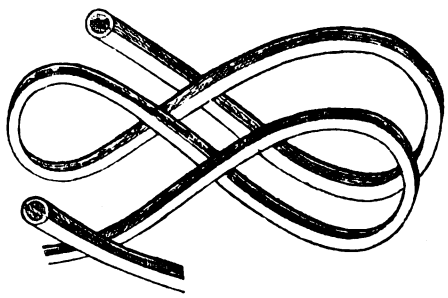
Lorsque la matière de la soie sort des filières du ver, elle a de l'analogie avec une gomme molle. Le contact de l'air la sèche bientôt à un certain degré qui suffit pour que les deux brins se collent, sans cependant acquérir assez de dureté pour s'opposer au dévidage ultérieur du fil, formé par leur réunion. Il est remarquable encore que cette matière n'est plus susceptible d'être sensiblement ramollie par l'eau ou un certain degré de chaleur. Ces trois qualités sont celles qui constituent la plupart des excellents vernis : c'est ce qui a fait assimiler la soie de la chenille à un véritable vernis filé.

Voyons maintenant comment la chenille file ce vernis. Une fois arrivé à un volume plus ou moins considérable, dont la fig. 2280 donne une moyenne, l'insecte est tourmenté, il sent le besoin de se débarrasser de la quantité de soie formée. On lui présente alors quelques points d'appui par de petites branches de bruyères, de bouleaux ou autres. Il commence à y attacher l'extrémité du fil qu'il fait sortir de ses filières; il en produit un premier canevas formé par des mailles assez irrégulièrement entre-croisées. Ce grossier échafaudage ne sert que comme abri à l'insecte, et ne fait pas encore partie de son enveloppe de soie proprement dite qu'on nomme *cocon*. C'est dans ce premier canevas, qui constitue ce que les magnaniers et les filateurs nomment la *bourrette*, que le ver établit le cocon. On peut considérer celui-ci comme une espèce de cosse de forme ovoïde, dont les parois se composent de couches de fils de soie superposées et *maçonnées*, comme le sont certains nids d'oiseaux, si ce n'est que les cocons sont fermés de toutes parts. On conçoit que le ver à soie n'a pu obtenir une cuirasse aussi régulière qu'en disposant les couches uniformément autour de lui, concentriquement en commençant par les couches extérieures. Ainsi, après avoir disposé la bourrette, il vient tapisser contre elle sa première couche de soie, ou surface extérieure du cocon qui n'adhère que par points à la bourrette. Celle-ci étant complétement terminée, il en forme une troisième, et ainsi de suite. Les fils n'étant pas encore complétement secs, l'application des uns contre les autres occasionne nécessairement l'aplatissement qu'on remarque dans le fil dévidé.



2281.

La disposition du fil sur le cocon offre une suite de courbures régulièrement dirigées comme des nœuds ou des 8. Nous avons cherché à rendre cette disposition dans la fig. 2281. La fig. 2282 donne, sur une échelle



2282.

plus grande, l'une de ces courbes vues au microscope. L'inspection de cette figure suffit pour faire comprendre qu'en développant cette courbe, on formera un fil continu dont certaines parties, celles qui ont été comprimées par un léger degré de torsion, sont par conséquent moins fournies ou plus minces que les parties voisines. On obtiendrait donc un fil inégal si on ne redressait cette irrégularité au dévidage (1). Ces nœuds ou boucles des fils de la soie peuvent également occasionner le duvet si le fil n'est pas suffisamment étiré. C'est encore à cette disposition du fil qu'on peut attribuer les irrégularités de sa surface La couche supérieure de gomme se trouvant irrégulièrement comprimée, les points qui subissent la plus forte compression cèdent évidemment plus que les points environnants.

Le ver à soie, comme toutes les chenilles, changeant plusieurs fois de peau pendant sa courte existence, interrompt sa nutrition pendant les mues à cause de l'état maladif qui en est la conséquence.

Or, il est à remarquer que, lorsqu'on développe un cocon et qu'on cherche à le dédoubler, on parvient à détacher quatre couches bien distinctes qui paraissent être formées par la matière que l'insecte s'est assimilée à chacune des mues. Il est important de faire remarquer que la formation du cocon n'a pas lieu d'une manière continue, mais que la chenille s'arrête trois ou quatre fois pendant ce travail, ainsi que M. Locatelli nous l'a fait vérifier en faisant filer l'insecte dans l'intérieur d'un petit flacon de verre blanc. On conçoit dès lors comment les cocons peuvent être facilement séparés en trois ou quatre couches très distinctes; car les premières, après chaque temps d'arrêt, venant s'appliquer contre une partie déjà formée et presque sèche, l'adhérence n'est pas aussi grande qu'entre les couches disposées sans interruption les unes sur les autres (2). On peut donc consi-

(1) M. Locatelli, dans sa nouvelle machine à tirer la soie, a cherché à éviter cet inconvénient. Nous ne saurions mentionner cet habile ingénieur sans lui témoigner toute notre reconnaissance pour les excellents renseignements qu'il a bien voulu nous communiquer. Son obligeance et sa bienveillance ont été constamment à la hauteur de son talent. Pendant toute la durée de nos recherches il a constamment mis à notre disposition son cabinet si intéressant par ses curieux échantillons, et ses ateliers où l'on trouve à chaque pas des preuves du génie mécanique. La position de M. Locatelli étant au moins modeste, nous ne craignons pas d'être accusé de flatterie, et nous ne pensons pas non plus que ceux qui ont pu apprécier cet honorable vieillard, puissent attribuer notre langage à de l'engouement ou à une reconnaissance aveugle.

(2) Ce fait qui nous paraît incontestable est digne des recherches des naturalistes qui ne manqueront pas d'en découvrir les causes. Ils trouveront peut-être que la masse de la

Digitized by Google

dérer un cocon comme réellement formé par quatre cocons concentriques légèrement collés entre eux; et chacun d'eux peut être envisagé lui-même comme étant également le résultat d'un grand nombre de couches concentriques superposées et plus fortement collées. Si on examine une de ces couches développée, on voit comment tous les brins s'enchevêtrent. Si on compare différentes couches ainsi développées, on reconnaîtra facilement que le fil est plus resserré dans les couches intérieures que dans celles de la surface extérieure; et cela se conçoit, puisque ce dernier périmètre est plus grand que celui de l'intérieur par lequel l'insecte finit son travail. Si on dévide séparément le fil formant chacune des quatre couches, et qu'on en détermine le titre, c'est-à-dire si on compare le poids à la longueur, on trouve qu'à poids égal la longueur augmente de la première à la quatrième couche, si nous désignons par première celle de la surface extérieure du cocon.



2283.

Mais comme le fil d'un cocon est continu de la surface au centre, il en résulte que la grosseur de ce fil n'est pas uniforme, comme on le suppose souvent à tort, mais qu'elle va en diminuant du commencement à la fin du dévidage. On peut évaluer la différence de finesse d'un fil de cocon de 1/3 à 1/4. Il est donc dans le rapport de 3 à 4 fois plus gros à une extrémité qu'à l'autre.

Longueur du fil. La longueur totale d'un fil de cocon est en général proportionnelle à la grosseur du cocon, il est évident que plus la chenille aura fourni de soie, plus la longueur devra être considérable. Cependant, cela n'est pas toujours exact, car il peut arriver que la chenille, qui après le filage se transforme en chrysalide ou nymphe, n'ait pas toujours un volume en rapport avec celui du cocon, et que la tissure du cocon soit plus ou moins serrée. On ferait alors une fausse appréciation si on voulait juger du rendement d'un cocon d'après sa grosseur. Ce rendement peut varier de 12 à 18 p. 100 du poids du cocon pour la même espèce.

Le papillon du ver à soie est de la classe des *papillons nocturnes* ou des *phalènes à antennes pectinées* qui n'ont point de trompe sensible et ne mangent point. La couleur de ces papillons est d'un blanc sale ou jaunâtre. Lorsqu'on laisse percer la coque ou cocon, le fil est naturellement interrompu, et ne présente plus de bouts. Aussi ne laisse-t-on éclore que ceux dont les papillons sont destinés à la reproduction.

La longueur d'un fil de cocon dévidable d'une manière continue a été estimée par plusieurs naturalistes et entre autres par *Malppighi*, à *mille quatre-vingt-onze pieds* et *quelques pouces*. Cette longueur est au-dessous de celle que peut fournir un cocon ordinaire dévidé avec quelque soin. On peut avancer qu'elle est moyennement double; quoique dans l'état actuel des connaissances industrielles, un tiers à un quart au moins de la soie continue ne puisse être dévidé et ne soit utilisé que comme *bourre* ou *frison*, les premières et les dernières couches du cocon sont dans ce cas; les premières, parce qu'elles ont été moins régulièrement disposées par l'insecte, comme nous l'avons vu; les dernières, celles qui enveloppent la chrysalide, parce qu'elles n'offrent plus assez de résistance pour être développées par les moyens pratiques usités; les ruptures trop fréquentes s'opposent alors au dévidage complet.

Ces difficultés naturelles, qui n'ont pas permis jusqu'ici d'utiliser complétement la riche dépouille du ver à soie, ne nous paraissent pas insurmontables. Bientôt, sans doute, nous aurons de nouveaux progrès à signaler dans cette intéressante spécialité.

Tous les cocons n'affectent pas la même forme; on distingue tout d'abord celui du mâle de celui de la femelle par le volume. Le cocon femelle est en général plus fort et plus rebondi par le milieu. Le mâle présente, au contraire, assez ordinairement une courbure rentrante et symétrique, comme l'indique la fig. 2283.

Cette forme est considérée comme la forme normale.

Celle des *cocons pointus* est moins estimée, comme se laissant moins facilement dévider. Cependant il existe des races entières de vers dont les cocons n'affectent pas d'autre forme. Les cocons des Indes anglaises de *Calcutta*, par exemple, ont un volume moindre d'environ 1/3 de celui des cocons ordinaires; ils sont pointus aux deux extrémités. Cette disposition en pointe paraît être la forme normale de ces cocons; il est vrai qu'ils se dévident en général avec difficulté, l'on n'en peut retirer que la moitié en fil continu, l'autre moitié ne peut être employée que comme frison; mais il nous paraît démontré d'après de nombreuses expériences que nous avons répétées avec M. Locatelli, sur des cocons de Calcutta, que la difficulté du dévidage ne provient pas de la forme des cocons, mais plutôt de ce que les couches sont à peine collées entre elles, ou parce que leur formation a lieu dans des climats chauds dont l'atmosphère ne contient pas toujours un degré d'humidité suffisant. Les petits cocons des Indes proviennent de vers habituellement élevés dans les maisons: ils ne constituent pas la seule race de ces pays, il existe une espèce sauvage, dont les cocons ont la grosseur d'un petit œuf de poule; la soie de ces cocons sert aux lignes à pêcher; souvent on ne laisse pas l'insecte former son fil, on le fait périr avant et on tire la *matière soyeuse* comme une espèce de cire molle pour en obtenir les gros fils destinés à la pêche, et connus sous le nom de *crins de Florence*.

Récolte de la soie. On sait que notre récolte de soie est limitée au produit d'une seule éducation par an. Mais dans tous les climats où il est possible d'obtenir deux pousses de feuilles de mûriers dans une saison, on fait jusqu'à 7 à 8 éducations pendant l'été comme cela se pratique en Chine (1).

On compte en Europe jusqu'à trente variétés de cocons provenant d'autant de races de vers à soie; mais il en est beaucoup que l'industrie sériciole distingue, en les classant à part, et qui cependant ne présentent pas ordinairement un caractère tranché. Des lieux de provenances différents, des noms d'éleveurs ont suffi pour établir ces distinctions, qui n'offrent plus d'inconvénient lorsqu'on en connaît la valeur. Ainsi on distingue les races *Pesaro*, *Dandolo*, etc.; les races d'*Aubenas*, de *Loudun*; la race *milanaise*, etc., etc.

Il n'y a réellement de différence marquée entre les cocons de ces races que celle de la quantité de matière qu'ils renferment. La plus grande distinction à établir dans les caractères des cocons de nos climats est relative à leur couleur, qui est tantôt blanche et le plus ordinairement jaune. Les cocons blancs sont, en général, les plus estimés. La qualité de la soie qu'on en retire est supérieure; on n'a pas besoin de la décolorer, et sa blancheur naturelle a toujours quelque chose de plus *franc* que celle de la soie jaune décolorée artificiellement.

Les entomologistes n'ont pu préciser encore s'il

soie n'est pas complétement *transformée* dans l'intérieur de l'insecte lorsqu'il commence à filer et que les interruptions sont des conséquences naturelles des quatre quantités distinctes de soie assimilée lors des quatre âges du ver.

(1) Nous devons la plupart de nos renseignements sur l'industrie chinoise à l'obligeance de M. Heed, delegué de la dernière expédition commerciale en Chine.

Digitized by Google

existe réellement une race blanche qui se perpétue, ou si la soie blanche pouvait être produite accidentellement par la race jaune : ce dernier fait paraît démontré ; mais peut-être n'est-il que le résultat d'un croisement entre les deux races.

M. Robinet, qui s'occupe d'une manière spéciale et avec tant de succès de la production de la soie, a fait des expériences du plus haut intérêt sur un très grand nombre de races différentes, pour établir le rapport entre le poids du ver et celui du cocon qu'il produit. Il a trouvé qu'en moyenne le poids du ver, au moment de la montée, et par conséquent lorsqu'il contient encore toute la quantité de soie à l'intérieur, est de 4gr.,47 ; celui du cocon avec sa chrysalide de 1gr.,87. Il y a donc là une différence de 2gr.,60. Elle provient nécessairement de l'évaporation et autres pertes, puisque, après la formation de la chrysalide, la soie contient une quantité d'eau bien moindre qu'avant le travail du ver, et que l'insecte s'est en quelque sorte vidé.

M. Robinet a trouvé encore que cette différence entre le poids du ver, lors de la montée, et celle du cocon était très variable avec les races et les années. Ce résultat est fort remarquable ; s'il a été obtenu dans des expériences faites sur des produits amenés sous le même poids au même degré de siccité. M. Robinet attribue les différences signalées à l'état dans lequel on présente les feuilles aux vers ; ceux-ci prendraient un développement plus considérable, quand on les nourrit avec des feuilles humides ; et, quoique la réduction soit plus forte lorsque le ver est plus développé, la nourriture humide n'en serait pas moins favorable, parce que l'accroissement de réduction n'est pas en raison directe de l'augmentation du volume ; il en conclut que l'emploi de la feuille humide favorise dans les larves le développement des matériaux qui composent le cocon.

La variation des quantités de soie contenues dans les cocons se présente pour les races comme pour les individus. On admet donc généralement un rendement de 10 à 18 p. 100, c'est-à-dire que 100 kilogrammes de cocons peuvent rendre de 10 à 18 kilogrammes de soie.

Composition du fil de cocon. Le fil obtenu par le dévidage du cocon n'est pas composé de soie pure, mais de matière hétérogène. On peut le considérer comme formé de trois tubes concentriques ; au centre est la substance fibreuse animale qui constitue la soie ; elle est recouverte d'une double couche de gomme végétale, dont la composition chimique n'est pas la même. Les chimistes qui se sont occupés des analyses de la soie ont évalué le poids des corps étrangers qui la recouvrent à 25 ou 30 p. 100 du poids total ; ces corps doivent disparaître complétement avant la teinture de la soie. La première couche de la surface peut être dissoute à l'eau chaude ; la seconde ne peut être enlevée que par l'eau alcaline.

On a fait remarquer avec juste raison l'avantage de la présence sur le fil de soie d'une espèce de matière imperméable à l'eau, qui préserve la chrysalide, dans l'état sauvage, de l'humidité qui lui serait si défavorable. Cette présence de la gomme empêche également le ramollissement du cocon lors du tirage, ce qui facilite considérablement son dévidage. On a donné le nom de soie *grége* ou *écrue* à la soie telle qu'elle est obtenue par le tirage du cocon ; lorsqu'elle est débarrassée des corps étrangers qu'elle contient on la nomme soie *décreusée* ou soie *cuite*.

Consommation de la soie en France. On évalue à 3.000.000 de kilogrammes au moins la quantité de soie mise en œuvre par an actuellement en France. Sa valeur est variable avec les années et les qualités de la matière. On peut cependant l'estimer approximativement en moyenne à un prix de 55 francs le kilogramme.

Les 3.000.000 de kilogrammes de soie grége représentent donc une valeur en francs de 165.000.000, qui peuvent être considérés comme un des grands revenus de notre industrie agricole du Midi. Malheureusement une partie de la consommation, près d'un tiers, nous vient encore de l'étranger, et échappe par conséquent à la production indigène.

Quelque considérable que soit l'importation de la soie étrangère, elle a diminué graduellement d'une manière sensible depuis un demi-siècle. Toutes les soies de belles qualités nous venaient alors de l'étranger, de la Chine surtout. Aujourd'hui, aucun pays ne produit de meilleure soie que la France, et il en est peu qui puissent atteindre à la perfection des soies françaises, auxquelles il n'y a d'autre reproche à adresser que l'élévation du prix, qui est supérieur, il faut le dire, à celui des soies qu'on offre en concurrence. Mais qu'une amélioration vienne à être introduite dans le tirage de la soie, qu'on diminue la quantité du déchet au tirage des cocons, *comme cela ne peut manquer d'arriver bientôt*, l'agriculture indigène alimentera à elle seule notre grande industrie séricicole, sans avoir besoin d'augmenter les plantations de mûriers. Il est permis de croire qu'alors nous acquerrons définitivement le premier rang dans toutes les spécialités qu'elle embrasse.

Dans l'état actuel des choses, les pays étrangers d'où la soie est importée sont : les États sardes, pour plus des deux tiers ; la Suisse, la Turquie, une partie de l'Italie, l'Espagne pour le reste.

De toutes nos industries, celle des soieries travaille le plus pour l'exportation ; la moitié environ de la soie employée est exportée sous forme de tissus. L'Angleterre et les États-Unis forment nos principaux débouchés. On ne saurait trop répéter que ces pays font les plus grands efforts pour parvenir à se suffire ; déjà ils n'ont rien à nous envier pour les étoffes unies, et nous sont supérieurs pour la production des foulards. Il ne nous reste donc que notre position favorable pour la production de la matière première, et notre supériorité incontestable dans la fabrication des étoffes façonnées. Mais si le sol de l'Angleterre et des États-Unis ne se prête pas à la culture du mûrier, les possessions anglaises des Indes produisent la soie grége sur une échelle gigantesque : cette soie n'est pas d'une bonne qualité, il est vrai, et le rendement est faible. Ces faits pourraient nous rassurer, si ces désavantages résultaient réellement de la nature des soies des Grandes-Indes. Il nous est, au contraire, démontré que les inconvénients tiennent aux moyens imparfaits employés jusqu'ici dans ces contrées pour tirer parti des cocons. Les Anglais en sont convaincus comme nous ; aussi ne reculent-ils devant aucun sacrifice pour obtenir des améliorations. Ils ne font pas moins d'efforts pour atteindre à la perfection de nos tissus façonnés ; mais sur ce point nous sommes invulnérables ; car notre supériorité résulte précisément du génie de notre nation, qui ne se transplante pas, ne s'imite pas, et ne peut être surpassé par le bon marché de la force motrice et la perfection des machines.

Nous savons que des abus existants neutralisent une partie des fruits que nous devrions retirer de notre heureuse organisation ; mais ces abus peuvent être et seront sans doute bientôt détruits.

Premier degré de préparation de la soie.

ÉDUCATION DES VERS A SOIE. L'éducation des vers à soie qui a pour but la production des cocons, doit nécessairement être subordonnée à la plantation et à la culture du mûrier, car elle ne peut être pratiquée que dans les lieux mêmes où cette culture est possible, les feuilles vertes et fraîches de cet arbuste constituant la nourriture exclusive des vers à soie. Les principales éducations établies sur une grande échelle en France se trouvent dans les départements du Gard,

Digitized by Google

de l'Ardèche, de Vaucluse et de la Drôme, qui possèdent environ les trois quarts des mûriers indigènes. Les autres sont situées dans les départements des Bouches-du-Rhône, de l'Hérault, du Var, de l'Isère, de la Loire, de l'Indre-et-Loire, de la Lozère, et dans quelques autres départements, mais en quantité insignifiante.

Tout le monde connaît cependant les heureux essais et les fructueux exemples présentés par M. Camille Beauvais dans son bel établissement modèle situé aux environs de Paris

D'autres tentatives pour la plantation du mûrier sur un sol qu'on avait cru jusqu'alors impropre prouvent que cette culture pourra sans doute s'étendre encore. M. le comte de Gasparin, dans de savantes recherches sur les moyens de déterminer la limite de la culture du mûrier, donne à la fin de son analyse des conclusions que nos lecteurs nous sauront gré de rapporter ici (1).

« 1° La culture du mûrier dont on ne cueille pas la feuille est possible jusqu'à une limite très avancée vers le nord, qui est fixée par l'arrivée fréquente d'une température minimum de —25 degrés.

« Cette limite est tracée par une ligne qui, partant d'un point de la chaîne de Dorrefields en Scandinavie, va aboutir à l'embouchure du Danube, et sépare à l'orient les pays qui sont exposés à éprouver quelquefois cette température rigoureuse, de ceux qui à l'occident et au niveau de la mer peuvent élever le mûrier sans crainte de le voir périr par le froid.

« 2° Les autres circonstances météorologiques limitent cet espace occidental par une ligne qui ne peut être géographiquement déterminée, parce qu'elle est donnée à la fois par la production de la feuille du mûrier et par l'habileté déployée dans l'éducation des vers à soie. Mais si l'on supposait cette habileté égale en tous lieux, au nord et au midi, il paraît que la limite de la culture utile du mûrier ne dépasserait pas la limite de la vigne au prix actuel de la soie.

« 3° Dans l'enceinte que nous avons signalée comme propre à la culture utile du mûrier certaines contrées en sont exclues par des maladies propres aux feuilles de cet arbre.

« 4° Le mûrier peut s'élever sur le flanc des montagnes de l'Europe jusqu'au point où la température moyenne de l'année est de 9° à 44°.

« 5° Les climats habituellement orageux étant plus sujets aux touffes qui précèdent les orages, sont contraires aux vers à soie.

« 6° Les lieux où règnent des fièvres endémiques produites par les effluves des marais leur sont pernicieux. L'effluve atteint souvent des lieux éloignés de son origine par l'intermédiaire de certains vents qui causent une gêne dans les fonctions vitales, sans causer de maladies proprement dites sur les grands animaux, mais qui sont très défavorables aux vers à soie.

« 7° La limite météorologique descend vers le midi à chaque réduction dans le prix moyen des soies, de même qu'elle monte vers le nord si ce prix vient à s'élever.

« 8° L'industrie sérifère n'est jamais une industrie agricole principale, mais un accessoire plus ou moins important dans les pays à grandes fermes et dans tous ceux où les familles des cultivateurs ne sont pas à l'exploitation et où l'on a recours aux valets à gages.

« 9° Les pays à métairies sont plus favorables à cette industrie que ceux à fermages, à raison de la longue durée des baux coloniques et de la stabilité des colons.

« 10° Les cultures spéciales qui emploient de grands capitaux fixés sont exclusives de l'extension de celle du mûrier.

« 11° Les cultures générales qui emploient beaucoup de travaux au printemps s'accordent mal avec l'industrie de la soie.

« D'après ces données, il devient possible de tracer en Europe la limite de la culture utile du mûrier faite en grand et généralisée, et je ne serais pas éloigné de penser qu'elle se dirige le long du cours de la Loire en partant de son embouchure, et allant rejoindre celui de la Moselle, qu'elle suivrait jusqu'à son confluent, sans l'extension des assolements alternes dans le Palatinat et l'Alsace; mais cette circonstance la force à se replier sur les Vosges. La partie des États autrichiens le long du Danube pourrait aussi admettre le mûrier en grande culture partout où la population peut y suffire. C'est dans l'espace de terrain au midi de cette ligne, fixée à grands traits par la Loire et le Danube, que les convenances météorologiques, economiques et agricoles paraissent se réunir le mieux.

« Si l'on en écarte les lieux qui ne sont pas compatibles avec elle en raison de leur altitude (élévation au-dessus du niveau de la mer), je crains que ce qui sera tenté plus au nord, n'ait jamais un caractère de généralité qui pourrait faire de cette culture une partie de la richesse agricole, et ne reste à l'état d'expériences plus curieuses qu'utiles pour le pays, en raison surtout de la distribution, de la propriété, de la répartition de la population et du genre de culture adopté.

« Mais le midi n'oubliera jamais les services que lui ont déjà rendus et que lui rendent tous les jours ces expériences, entre les mains de gens éclairés, savants, qui ont porté une critique judicieuse sur tous les points de la culture et de l'éducation, et ont ouvert une nouvelle ère à cette riche industrie. Qu'ils profitent eux-mêmes de leurs efforts, rien n'est plus juste et ils continueront à jouir de l'avantage que leur donne la supériorité de leurs méthodes d'education et de leurs produits, jusqu'à ce qu'ils aient été imités et atteints par la masse des cultivateurs du midi.

« Alors la loi inflexible imposée par la différence des climats reprendra tout son empire et recommencera à peser sur eux. Mais ces temps sont encore éloignés. L'avenir décidera si j'ai bien jugé la question. »

Les détails concernant la plantation et la culture du mûrier étant purement agricoles, nous ne traiterons pas cette question, qui sort d'ailleurs du cadre que nous nous sommes tracé, et ne peut trouver sa place que dans les ouvrages et les mémoires d'agriculture.

L'éducation des vers à soie, quoique pratiquée également dans les campagnes et dans les villes, peut être considérée aussi bien comme une industrie manufacturière qu'agricole, ou plutôt elle doit être regardée comme une industrie à part, sans analogie avec les autres industries; nous ne pouvons cependant nous dispenser d'esquisser au moins à grands traits les travaux intéressants qu'elle embrasse, sans nous exposer à une lacune importante. Aucun travail matériel n'offre à notre avis un exemple plus remarquable de la puissance de l'industrie et des richesses considérables qu'elle crée; quelques semaines à peine suffisent pour suivre et diriger le développement de ces innombrables graines microscopiques dans les diverses et merveilleuses transformations qu'elles présentent, du jour de leur éclosion au jour de leur mort, et pour faire de leurs riches dépouilles une des sources les plus considérables de la fortune publique.

Mais si le temps de l'élaboration de la soie est de peu

(1) *Essai sur l'histoire de l'introduction du ver à soie en Europe, et Mémoire sur les moyens de déterminer la limite de la culture du mûrier et de l'éducation des vers à soie;* par M. le comte de Gasparin.

Digitized by Google

de durée, les soins à prendre pour la mener à bien sont délicats et infinis, ce n'est plus là une industrie où l'intelligence et l'attention peuvent être remplacées par des machines.

Ce n'est cependant pas une de ces industries sur les principes fondamentaux de laquelle on ne soit pas fixé encore, car, au contraire, l'art d'élever des vers à soie se réduit à savoir choisir la graine et à la faire éclore; à mettre les insectes éclos à l'abri des intempéries, à les maintenir dans le plus parfait état de propreté, au milieu d'un air très pur et suffisamment chargé d'humidité, et à une température convenablement graduée; et, enfin, à récolter les cocons pour les dévider.

L'instinct de l'insecte lui ferait rechercher la plupart de ces conditions s'il était livré à lui-même. Leur réalisation est encore sans grandes difficultés, dans une exploitation de peu d'importance; mais on ne les atteint que par les soins les plus intelligents, l'attention la plus soutenue et la disposition la plus convenable des ateliers, lorsqu'il s'agit d'une éducation sur une échelle plus étendue, qui ne peut absolument avoir lieu sous notre climat que dans des ateliers clos, qui doivent alors être facilement ventilés et chauffés afin que les exhalaisons malsaines produites par la respiration, la transpiration, et par la fermentation de la litière d'une agglomération aussi considérable de petits insectes, soient neutralisées.

La fermentation de la litière est d'autant plus à craindre, qu'il est indispensable de maintenir l'air des ateliers à un certain degré d'humidité toujours nécessaire à l'air respirable et qui sert également ici à attendrir les feuilles et à les faire rechercher par les vers.

Autrefois on purifiait ou plutôt on croyait purifier l'air des *magnaneries* (1) par des émanations odoriférantes en y brûlant des aromates, ou on faisait bouillir du vinaigre avec des clous de girofle, ou en saupoudrant les vers de chlorure de chaux. On conçoit toute l'insuffisance de semblables moyens et le danger qu'ils présentaient.

Olivier de Serres et, de notre temps, le comte Dandolo, habile éleveur du Piémont, eurent les premiers l'idée d'avoir recours à des moyens plus sûrs, plus réguliers et plus parfaits, à une ventilation convenable.

Ce moyen fut bientôt perfectionné par M. d'Arcet dont la magnanerie salubre, à ventilation constante et forcée, est si appréciée aujourd'hui.

Nous la décrirons après avoir traité de l'éducation.

Le germe du ver à soie est un œuf ou une graine d'une couleur jaunâtre lors de la ponte et grisâtre plus tard; la grosseur est à peu près celle d'un petit grain de millet.

La chaleur du printemps, ou une chaleur artificielle, fait bientôt éclore cet œuf et le transforme en un ver ou petite chenille, qui grossit considérablement et prend son développement total dans vingt-cinq jours ordinairement. Pendant cette période, la chenille passe par quatre *mues*. Ces renouvellements de peau des insectes sont annoncés par une espèce de léthargie qui dure pendant vingt-quatre heures et expose les vers à des maladies qui en font périr considérablement. Dès que la mue approche et que la chenille commence à être serrée dans sa peau, elle prend moins de nourriture et diminue de volume; elle attache alors à ce qui l'entoure des brins de soie pour recevoir son enveloppe. L'écaille du museau sort d'abord, après quoi, la chenille sort de la peau qui reste retenue par les fils de soie qu'elle a accrochés aux objets qui l'entouraient. Quelques vers succombent sans avoir pu changer de peau pendant la mue.

L'appétit de l'insecte est variable avec ses différents états et se ralentit lorsque la chenille a pris son accroissement; à partir de cet instant son volume et son poids diminuent également. Il rejette ses excréments et la dernière membrane qui le recouvre; il n'est plus composé alors que de la matière soyeuse et de la substance animale.

La transformation de la première en cocon demande environ trois jours. La métamorphose de la chrysalide en papillon a lieu ordinairement en quinze ou vingt jours. Il perce alors son enveloppe pour aller s'accoupler. Deux ou trois jours après l'accouplement, la femelle dépose de trois cents à cinq cents œufs; le couple meurt aussitôt après cette ponte.

Dans l'exploitation des vers à soie on ne laisse arriver à leur dernière métamorphose que les insectes destinés à la reproduction; on étouffe les autres lorsqu'ils sont en chrysalides, afin de pouvoir dévider le fil du cocon sur toute sa longueur.

Nous allons indiquer maintenant la marche recommandée comme la meilleure par la plupart des éleveurs expérimentés depuis Dandolo, pendant la durée totale d'une éducation qui comprend quarante-sept jours environ depuis le premier jour où l'on met les œufs éclore jusqu'après la mort des papillons.

Les points à considérer sont :

1° Le choix de la graine;
2° Le moment le plus convenable pour l'éclosion;
3° L'incubation de la graine;
4° La levée des vers;
5° Les divers âges des vers et la place occupée;
6° Les soins à donner aux vers;
7° Les maladies des vers;
8° Le boisement et la montée des vers;
9° Le déramage ou le décoconage;
10° L'étouffement des cocons;
11° La construction de la magnanerie.

Du choix de la graine ou des œufs. La couleur d'une bonne graine doit être d'un gris bleu naturel. Il faut avoir bien soin de s'assurer que cette teinte n'a pas été donnée artificiellement avec du gros vin.

La graine jaune, ou rouge-brun, doit être rejetée. La bonne graine est cassante; la liqueur qu'elle contient ne doit être ni trop claire ni trop visqueuse, et sa densité doit être assez grande pour qu'elle ne surnage pas dans le vin. Quand on achète la graine au moment de la ponte, on est moins exposé à la fraude et on peut la transporter immédiatement; le voyage offre alors moins d'inconvénients que si on l'effectue dans un temps plus rapproché de l'éclosion; on conserve la graine dans des boîtes fermées qu'on place dans les lieux les moins exposés à des variations brusques de température, et, par conséquent, dans les caves.

La plupart des éleveurs, pour être sûrs de la qualité des vers, les font produire chez eux par une éducation spéciale; on consultera avec fruit ce que M. Camille Beauvais a écrit sur ce sujet dans les Annales sériciccoles.

Du moment le plus convenable pour l'éclosion. L'éclosion ayant toujours lieu artificiellement, il devient important de la provoquer à l'époque où l'on peut se procurer des feuilles de mûrier.

L'époque peut donc varier chaque année suivant les progrès de la végétation. Il faut en général que le moment où les vers consomment le plus corresponde à celui où la feuille aura atteint son plus grand développement. L'expérience et l'habitude d'observation peuvent donc seules faire connaître l'époque la plus convenable de l'éclosion.

De l'incubation de la graine. Si on laissait la graine éclore spontanément, l'eclosion de tous les œufs ne se ferait pas en même temps et l'éducation de la masse serait irrégulière; on a, par cette raison, cherché en tous temps à déterminer cette éclosion par la chaleur artificielle.

(1) Le mot magnanerie, vient de magnan qui, dans le dialecte languedocien, designe le ver à soie.

Digitized by Google

Les moyens employés autrefois variaient et n'étaient pas toujours sans inconvénients; on avait recours à la chaleur d'un fumier, ou à la chaleur animale. Dans ce dernier cas, la graine était contenue dans un sac en coton qu'on se plaçait sur l'estomac pendant le jour, et qu'on mettait entre deux oreillers pendant la nuit. Ce moyen est encore pratiqué dans le Midi pour de petites éducations, mais il est vicieux à cause des variations de température auxquelles est soumise la graine.

Dans les éducations les plus importantes on a recours soit à une *couveuse*, soit à la chambre à éclosion. La couveuse est une boîte en fer-blanc munie d'un appareil chauffé par une lampe; la chambre d'éclosion est simplement une petite pièce chauffée convenablement par un calorifère ou un poêle en faïence.

C'est encore Dandolo qui, l'un des premiers, signala les dangers de l'ancienne méthode adoptée pour l'éclosion et recommanda l'emploi de petites étuves.

Les œufs sont déposés dans de petites boîtes en bois mince; pour 30 grammes d'œufs, les boîtes doivent avoir $0^{m.\,carr.}$,20 de surface, sur 0^{m},12 de hauteur. On place sur des morceaux de bois, enfoncés dans le mur, des claies d'osier à 0^{m},60 de distance l'une au-dessus de l'autre; les boîtes placées sur ces claies sont facilement visitées.

La durée de l'incubation, telle qu'elle est pratiquée par M. Camille Beauvais, est de sept jours. La température dans l'étuve est graduée pendant ce temps de la manière suivante : 1er jour, 17 à 18° R.; 2e jour, 19°; 3e jour, 21°; 4e jour, 21°; 5e jour, 22°; 6e jour, 23°; 7e jour, 24°; éclosion.

D'après Dandolo, le moment de l'éclosion se reconnaît par le changement de couleur de la graine qui, du gris cendré, passe au bleu de ciel et ensuite au violet, puis redevient cendré, jaune, et enfin blanc sale; pendant le séjour des œufs à l'étuve, on a soin de les remuer avec une spatule, afin d'établir une température bien uniforme dans la masse, et de provoquer une éclosion simultanée. Il est à remarquer qu'elle a constamment lieu à 24°.

De la levée du ver. Lorsque les graines sont arrivées à la couleur jaunâtre, les vers sont déjà tout formés et perceptibles à la loupe; on les recouvre alors d'un morceau de papier percé de petits trous, ou d'un morceau de mousseline, au-dessus duquel on place de petits rameaux tendres de mûrier que les vers viennent chercher. Les vers sains sont d'une teinte châtaine; les roux et les noirs sont peu estimés. Quand les feuilles de mûrier sont bien chargées de vers, elles sont enlevées et rangées sur des claies par bandes régulières et espacées de manière à laisser aux insectes, à mesure qu'ils grandissent, une place suffisante. Quelquefois on a un petit atelier destiné aux vers pendant les premiers âges; on les laisse même souvent dans une partie de l'étuve, et on ne les porte à la magnanerie de M. d'Arcet que vers les derniers temps de leur développement.

Les ateliers sont disposés de manière à présenter des espaces variables; le transport de cette fourmilière de petits vers n'étant pas facile, surtout au moment de leur naissance.

Des divers âges des vers et de la place qu'ils occupent à ces âges. On compte cinq âges dans la vie du ver à soie correspondant aux époques des quatre mues et de la montée.

Le 1er âge comprend		de l'éclosion à la 1re mue;
Le 2e	—	— de la 1re à la 2e mue;
Le 3e	—	— de la 2e à la 3e mue;
Le 4e	—	— de la 3e à la 4e mue;
Le 5e	—	— de la 4e à la montée.

La durée de ces âges peut varier légèrement avec le genre d'éducation, et surtout l'élévation plus ou moins grande de température de la magnanerie.

Le tableau publié par M. Brunet de Lagrange, sous les auspices de M. le ministre du commerce et de l'agriculture, sur une éducation hâtive, d'après les méthodes de M. Camille Beauvais et les procédés de ventilation de M. d'Arcet, assigne les durées suivantes pour chaque âge :

1er âge.	4 jours;
2e âge.	4 —
3e âge.	6 —
4e âge.	6 —
5e âge.	7 —

Le même tableau indique 6 jours pour la formation du cocon, et 10 jours depuis la formation du cocon jusqu'après la ponte des œufs et la mort du couple, ce qui donne pour l'éducation complète, à partir de l'éclosion, 40 jours, et 47 en y ajoutant la durée de l'incubation.

Les espaces nécessaires aux vers et à leur nourriture à ces différents âges, sont moyennement les suivants, d'après M. Boullenois, pour une éducation de 31 grammes de graine :

A la fin du 1er âge environ.	1,31	mètres carrés.
— 2e —	2,62 à 3,93	—
— 3e —	5,24 à 7,86	—
— 4e —	10,48 à 10,72	—
— 5e —	20,96 à 31,44	—

Soins à donner aux vers. Les principaux soins à donner aux vers consistent dans l'établissement d'une ventilation régulière, le maintien d'un degré d'humidité suffisant, d'une température convenablement graduée et d'une grande propreté dans l'atelier, dans une bonne préparation et une distribution des feuilles bien calculée pour fournir une alimentation continue aux vers, et enfin dans le délitement et le dédoublement.

Pour éviter une variation brusque de température, l'atelier dans lequel le jeune ver est placé doit être à la même température que celle à laquelle l'éclosion a eu lieu. Cette température est pendant le premier âge jusqu'à 20 degrés, et reste la même pendant la durée de l'éducation. L'hygromètre doit toujours marquer de 75 à 85 degrés.

Le nombre des repas doit être de 24 par jour pendant le premier âge, de 18 pendant le deuxième, de 12 pendant le troisième et le quatrième, et 8 pendant le cinquième.

Les feuilles doivent être mondées ou coupées très menues, et distribuées avec un tamis à mailles en fil de fer, et d'environ 8 lignes, pendant les trois premiers âges; au quatrième âge, on coupe encore la feuille, mais beaucoup moins menue : on ne cesse de les couper qu'au cinquième âge.

Le délitement consiste à enlever la litière et les excréments de dessous les vers. Le dédoublement a pour but de les espacer convenablement, de manière à laisser entre eux un espace égal à celui qu'ils occupent sur la claie.

On faisait le délitement naguère encore à la main; il était long, difficile et dangereux pour le ver. On procède maintenant d'une manière beaucoup plus simple et plus sûre au moyen de filets. On pose les filets sur les claies, on jette de la feuille par dessus, puis, une fois que les vers sont montés sur les feuilles, on n'a qu'à soulever les filets pour ôter la litière.

Le dédoublement a également lieu par les filets : on plie deux filets en long et on les pose l'un à côté de l'autre sur les vers, de manière à diviser en deux parties chaque claie. On donne la feuille comme à l'ordinaire, puis on emporte chaque filet sur une claie séparée.

Dans les premiers âges le délitement a lieu moins sou-

Digitized by Google

vent que dans les derniers, pendant lesquels la quantité d'excréments est bien plus grande. On peut consulter également le tableau que nous avons cité précédemment sur la manière la plus convenable à adopter pour cette opération. On compte qu'une éducation de 31 grammes d'œufs, estimée 40.000 vers environ, consomme en moyenne les quantités suivantes de feuilles non mondées chaque jour de l'éducation :

1er jour. . .	0k,500	13e jour. . .	20k, »
2e jour. . .	1k, »	14e jour. . .	30k,500
3e jour. . .	2k, »	15e jour. . .	50k, »
4e jour. . .	0k,500	16e jour. . .	32k, »
5e jour. . .	4k, »	17e jour. . .	2k,500
6e jour. . .	11k,500	18e jour. . .	35k, »
7e jour. . .	1k,500	19e jour. . .	75k, »
8e jour. . .	3k,500	20e jour. . .	100k, »
9e jour. . .	7k,500	21e jour. . .	170k, »
10e jour. . .	20k, »	22e jour. . .	230k, »
11e jour. . .	15k, »	23e jour. . .	150k, »
12e jour. . .	1k,500	24e jour. . .	50k, »

Ce qui donne une consommation totale de 1.013k,5.

La variation de l'appétit des vers est remarquable; il est presque nul au commencement des mues.

Des maladies des vers à soie. Pendant l'éducation, les insectes sont exposés à de nombreuses maladies qu'on désigne sous des noms différents suivant les localités. Le nombre de ces maladies diminue cependant journellement avec les perfectionnements de l'éducation. Nous ne pouvons aborder la description des différentes maladies étudiées par Dandolo et plusieurs naturalistes et chimistes, et entre autres par M. Audouin, et M. Bérard qui s'est surtout attaché a étudier la maladie la plus funeste qu'on désigne sous le nom de *muscadine*. C'est dans les écrits de ces savants, dans le traité de Pitaro, et dans les mémoires publiés par la Société séricicole qu'on pourra trouver tous les développements que comporte ce sujet.

Nous devons nous borner à répéter que l'on parvient à éviter la plupart des maladies qui ne sont pas dans la constitution même du ver, en procédant avec les soins que nous avons indiqués.

Si par malheur quelque magnanerie est affectée de mortalité, le meilleur moyen d'y remédier est de purifier les parois, le plafond, le plancher, les claies et les ustensiles avec des fumigations de soufre, et de les laver avec des lessives caustiques.

De la montée du ver et du boisement. Vers la fin du cinquième âge, lorsque le ver a atteint tout son développement, il cesse de manger, perd sa couleur, diminue de volume et devient transparent; il manifeste alors une agitation, une vivacité qu'on ne lui avait vue qu'à sa naissance. Il cherche de tous côtés un point d'appui pour commencer son cocon. Il faut alors se hâter de faciliter son travail au moyen de petits branchages de bruyère, de genêt, de bouleau ou de colza, disposés en plans inclinés, et de manière que la circulation de l'air puisse librement s'établir. A la ferme des *Bergeries* de Sénart, on emploie de petites tringles en bois, percées de trous, dans lesquels on fixe, au moyen de colle forte, des brins de bouleau en les espaçant de 8 à 10 millimètres.

On place le boisement entre les claies en allant des rangées supérieures aux inférieures.

Les chenilles d'une éducation ne montent pas toutes en même temps; il faut au moins vingt-quatre heures pour que toutes commencent à filer et se soient débarrassées des matières étrangères qu'elles contiennent encore. Les dernières au travail sont exposées à recevoir les déjections des premières; c'est à ce moment qu'il est important de les débarrasser des litières et de les nettoyer avec soin pour éviter un grand déchet. Ce nettoyage se fait également aujourd'hui avec des filets en papier imaginés par M. Robert. Les accidents sont plus sûrement évités encore par l'emploi des coconières de M. David. Six à huit jours suffisent pour que tous les cocons d'une éducation soient formés.

Etouffement. Il est indispensable, comme on sait, d'étouffer les chrysalides avant qu'elles ne soient métamorphosées en papillons. Il est cependant nécessaire que les cocons soient parfaitement formés, sans quoi les vers ne seraient pas transformés en chrysalides et tacheraient la soie.

Les divers modes d'étouffement employés sont la chaleur du four, celle du soleil, la vapeur, le bain-marie, l'air chaud et enfin certains gaz; il faut exclure de ces moyens ceux qui ne permettent pas d'apprécier exactement le degré de chaleur; car, une température trop faible laisserait aux papillons le temps de se produire, tandis qu'une trop grande pourrait altérer la soie. La vapeur a l'inconvénient de mouiller les cocons, ce qui peut également nuire à la matière.

Le bain-marie, s'il pouvait facilement s'appliquer sur une grande échelle, serait un excellent moyen, par la facilité qu'il offre d'avoir toujours une température régulière.

Enfin le mode qui paraît le plus sûr est celui de l'emploi de l'air chaud que M. C. Beauvais a le premier pratiqué. Les cocons placés sur des claies mobiles dans un appareil spécial, sont rapidement desséchés par un courant d'air chaud à une température de 75° à 80°. Ce procédé paraît aussi expéditif que favorable; 800 kilogrammes de cocons peuvent être étouffés en un jour avec un appareil d'une dimension moyenne. L'emploi de la chaleur du soleil n'est pas toujours possible, et celui de certains gaz présente des difficultés et nécessite une dépense trop élevée.

Déramage. Les cocons étant bien terminés, on les enlève et on les dispose dans des paniers, on les trie, après avoir étouffé les chrysalides, on sépare ensuite les cocons blancs des cocons jaunes.

La race blanche présente plusieurs variétés; la race *sina* est la plus estimée; viennent ensuite les races d'Annonay, de Novi, etc.

La race jaune, qui est la plus commune, comprend celle de Valence, celle des petits Milanais, etc., etc.

Les cocons des différentes races sont triés suivant leurs qualités, et distingués ordinairement par les désignations suivantes :

Les cocons de première qualité, les cocons pointus, les cocalons, les duppions ou cocons doubles, les soufflons, les cocons perforés, les bonnes chaquettes, les mauvaises chaquettes, les cocons calcinés.

Les cocons de 1re qualité sont les plus serrés et les plus sains, mais ne sont pas toujours les plus gros.

Les cocons pointus sont coniques, comme leur nom l'indique. Cette forme a l'inconvénient de faire briser plus fréquemment le fil pendant le dévidage, par suite du mode généralement employé pour tirer le fil.

Les cocalons, bien que plus gros que les autres, ne donnent cependant pas plus de soie. Leur texture étant moins serrée, on les dévide ordinairement à une température moins élevée.

Les duppions ou cocons doubles sont produits par le travail de deux vers. Leurs fils sont tellement entrelacés que le dévidage continu n'est pas possible.

Les soufflons sont des cocons d'une tissure si lâche, qu'ils sont transparents. Leur dévidage est également très difficile.

Les cocons perforés sont troués à une de leurs extrémités; le fil a par conséquent de nombreuses solutions de continuité.

Les bonnes chaquettes sont des cocons dans lesquels les insectes sont morts avant l'achèvement de leur œuvre; la soie en est moins brillante et moins solide.

Digitized by Google

On les reconnaît en ce que la chrysalide adhère au cocon.

Les mauvaises chaquettes sont des cocons défectueux, tachés ou gâtés, dont la soie est mauvaise et la couleur noirâtre.

Les cocons calcinés sont ceux dans lesquels les vers sont attaqués de maladies après la construction de leur enveloppe. Ils y sont quelquefois durcis, et quelquefois réduits en poudre blanche.

Description de la magnanerie salubre de M. d'Arcet (1). Le rez-de-chaussée de la magnanerie est en partie divisé dans la longueur par les piliers qui supportent le plancher du premier étage; vers l'extrémité de cet atelier se trouve une cloison qui, le traversant dans toute sa largeur, en isole un espace servant de chambre à air froid ou air chaud, et d'où part la ventilation de la magnanerie. Cette chambre est garnie d'un calorifère dont le tuyau se rend dans la cheminée générale. C'est dans cette partie du rez-de-chaussée que se fera l'échauffement ou le refroidissement de l'air, et le règlement de la ventilation; le restant de l'atelier servira à sécher les feuilles qui seraient récoltées étant humides, et à filer les cocons par le procédé de Gensoul, après la fin de l'éducation.

2284.

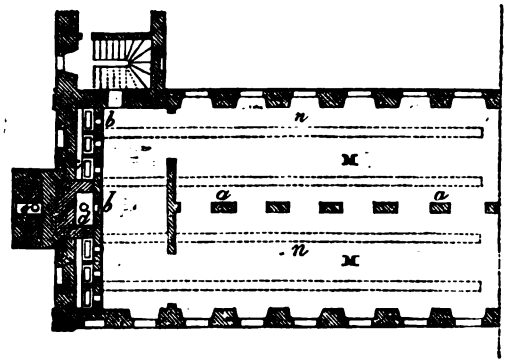


Fig. 2284, plan. C'est dans cet atelier que se placent les vers à soie pendant toute leur éducation. On voit en *b*, *b*, les points de départ des conduits en bois, par lesquels l'air chauffé ou refroidi convenablement, passe de la chambre à air dont nous parlerons dans la magnanerie. Les places indiquées par *n*, *n*, représentent les claies sur lesquelles on élève les vers à soie; une cloison sépare à volonté la grande pièce en deux ateliers tout semblables.

Fig. 2285, coupe verticale de la chambre à air.

d, massif du calorifère.

e, tuyau du calorifère. Il est doublement coudé à droite et à gauche pour échauffer facilement le courant ventilateur qui traverse la chambre à air. Ce tuyau s'élève, en sortant de cette chambre, à quelques mètres de hauteur dans la cheminée générale, où il va établir l'appel qui occasionne la ventilation forcée de tout le système. Le tuyau doit être garni d'une clef à sa partie supérieure, près du plancher. Cette clef, destinée à régulariser le service du calorifère, doit pouvoir se manœuvrer du devant de la cloison, où se tient le chauffeur.

q, *q*, tables sur lesquelles se posent, à droite et à gauche du calorifère, les caisses en cuivre ou en zinc remplies, selon le besoin, d'eau chaude ou de glace. Ces tables occupent la moitié de la largeur de la chambre à air.

r, *r*, caisses en cuivre ou en zinc, que l'on remplit d'eau chaude ou de glace, selon que l'on a besoin de charger d'humidité le courant ventilateur, ou de diminuer la température de cet air.

Je rappellerai ici, pour mieux faire comprendre cette coupe, qu'il existe dans la cloison, qui ferme le devant de cette chambre à air, une porte devant chaque caisse en cuivre pour en faire le service, et entre les pieds des tables, des espèces de chatières laissant entrer la quantité convenable d'air dans la chambre.

Fig. 2286, coupe longitudinale de la magnanerie. Ici tout le système de ventilation se trouve bien développé.

d, massif du calorifère.

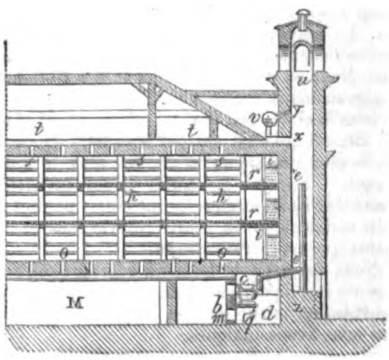
e, tuyau du calorifère.

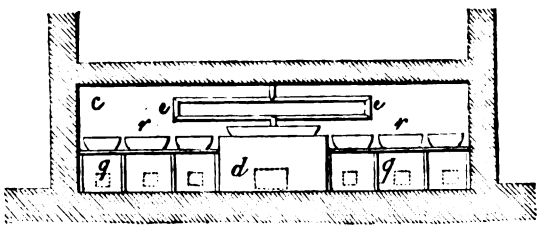
h, claies ou filets sur lesquels on place les vers à soie.

o, *o*, ouvertures ou chatières par lesquelles l'air extérieur entre dans la chambre, en passant sous chaque table et entre leurs montants; la cloison est garnie de huit de ces chatières.

b, porte pour le service du calorifère. Il y a quatre

2286.





2285.

autres portes plus petites à droite et à gauche de celle-ci, pour le service des huit petites caisses placées sur les tables.

t, *t*, orifices d'une des gaînes en bois, prenant l'air dans la chambre, et le conduisant au système général de ventilation de la magnanerie.

Quand on ne fait pas de feu, l'air est mis en mouvement dans le conduit *t*, à l'aide d'un tarare qui communique avec la grande cheminée. Une tirette, placée entre le tarare et la cheminée, sert à envoyer à volonté l'air de la magnanerie, soit au tarare, soit directement dans la grande cheminée. Lorsque cette tirette est fermée, et que l'on fait tourner le tarare, l'air de la magna-

(1) Nous renvoyons pour la description complète au *Bulletin de la Société d'encouragement*, auquel elle a été fournie par M. d'Arcet lui-même.

Digitized by Google

nerie est alors poussé dans la grande cheminée par l'ouverture *y*, qui communique de la caisse du tarare à cette cheminée.

u, grande cheminée de ventilation. Cette cheminée, qui est ici construite avec luxe et dans le but d'orner le bâtiment, aurait pu être établie en pigeonnage, et comme le sont les cheminées ordinaires de nos maisons. Sa section horizontale aurait pu n'avoir qu'une surface triple de celle que présente la somme des sections verticales des quatre conduits.

v, tarare ou ventilateur mécanique. On ne doit s'en servir que dans le cas où il ne faudrait pas échauffer le courant d'air dans la chambre, et où l'on ne voudrait pas employer le fourneau d'appel spécial au pied de la cheminée générale. On peut faire fonctionner ce tarare, soit d'en haut directement, soit d'en bas au moyen d'une corde sans fin et de deux poulies.

x, communication directe du coffre, où viennent se réunir les quatre conduits avec la grande cheminée. La section verticale de ce passage doit avoir, ainsi que la section du coffre en bois qui y aboutit, cinq fois la surface de la section transversale d'un des conduits.

y, conduit par lequel l'air vicié dans la magnanerie passe du tarare dans la grande cheminée. Ce conduit doit avoir la même section que celle donnée au passage *x*.

z, fourneau d'appel spécial, construit en dehors du bâtiment et au pied de la grande cheminée; son tuyau vient se joindre à celui du calorifère, comme on le voit en *e*. Ce fourneau d'appel et le tarare sont établis dans le même but, qui est de pouvoir opérer la ventilation de la magnanerie, lorsque l'air extérieur sera à la température voulue, et dans le cas où, cet air se trouvant plus chaud qu'il ne faudrait, il deviendrait nécessaire de le refroidir convenablement, au moyen de la glace, avant de l'introduire dans la pièce où sont les vers à soie.

r, *r*, planchers qui divisent la magnanerie dans sa hauteur en trois étages. Ces planchers servent à tourner tout autour des huit piles de claies, pour en pouvoir faire commodément le service.

i, *i*, petits escaliers destinés à monter aux différents étages sur les planchers *r*, *r*.

Après avoir donné la description de la magnanerie salubre de Villecomble, il nous reste, pour bien faire comprendre les avantages des dispositions qui ont été prises lors de la construction de cet établissement, à développer la marche des opérations qui doivent y être faites.

On a dû compter que, sous l'influence du climat du département de la Seine, il arriverait souvent, surtout pour le service d'une grande magnanerie, qu'on serait obligé de récolter les feuilles trop humides, qu'il faudra les ramener au degré convenable sans retarder les travaux de l'éducation des vers à soie.

Cette opération se fera au rez-de-chaussée de la magnanerie, dans la pièce M (fig. 2286); les feuilles humides seront placées dans un long coffre en bois, sur des cadres garnis de filets et posés horizontalement à deux décimètres au-dessus du fond du coffre, les feuilles étant étendues à une épaisseur égale sur des cadres, et le couvercle du coffre étant fermé, on établira d'un bout du coffre à l'autre, et au moyen d'un grand tarare, un fort courant d'air, dont on pourra, au besoin, élever la température de quelques degrés. Cet air parcourra le coffre dans toute sa longueur, passera en dessous, en dessus des filets et entre toutes les feuilles, ramènera ces feuilles au degré de sécheresse convenable, et sera ensuite rejeté au dehors du bâtiment par une simple gaîne en bois (1).

(1) Si l'on ne craignait pas la dépense et que l'on voulût employer un appareil plus parfait pour opérer le séchage des feuilles humides, on pourrait placer dans le coffre en bois une toile sans fin, se mettant en mouvement au moyen d'un mécanisme convenable; dans ce cas les feuilles devraient toujours être placées sous la toile du côté de la sortie de l'air, et on les retirerait sèches du côté du coffre qui sert d'entrée au courant ventilateur (*).

(*) Un moyen facile à pratiquer et que j'emploie avec avantage consiste à établir un plancher à claire-voie dans le magasin où l'on dépose les feuilles; cette claire-voie, assez serrée pour que les feuilles ne passent pas à travers, est construite à un pied environ du sol. (BONAFOUS.)

Quant à l'incubation des œufs des vers à soie, je pense qu'il n'y a rien à ajouter aux instructions données à ce sujet par Dandolo et Bonafous. Je ne m'occuperai pas non plus de tout ce qui a rapport au mode de nourriture des vers et aux soins qu'il faut avoir pendant toute la durée de leur existence; les deux auteurs que je viens de citer ont fait connaître les moyens les plus propres à assurer le succès des éducations d'après leur expérience et les meilleures théories. Mon but n'étant que d'indiquer comment on peut assainir une grande magnanerie, je passerai immédiatement à ce qu'il faudra pratiquer dans celle de Villecomble, pour tirer sous ce rapport le plus d'avantage possible des dispositions qui y ont été prises, pour faire vivre les vers à soie dans un air pur et toujours maintenu au degré de chaleur et d'humidité admis comme étant le plus favorable à la santé et au parfait développement des vers à soie.

La magnanerie de Villecomble est disposée de manière à pouvoir ne se servir que d'un quart de la grande salle au commencement de l'éducation; il suffira pour cela de séparer avec une forte toile, couverte de papier gris des deux côtés, la magnanerie en deux parties égales, et de boucher en haut et en bas les trous inégaux qui se trouveront à gauche du rideau de toile (1). Cette toile placée dans toute la hauteur et la largeur de la pièce formera à droite un atelier complet sous le rapport de l'assainissement (2). Quand les vers à soie exigeront plus de place, en enlevant la toile qui forme mur de séparation, et en débouchant en bas et en haut tous les trous inégaux de la partie gauche de l'atelier, on doublera le cube de la magnanerie, sans nuire à l'assainissement du local, et sans avoir d'autres dispositions à faire pour en assurer la parfaite ventilation. En se servant de l'atelier fermé à gauche de cette toile, on triplerait l'espace employé pendant les premiers jours de l'éducation des vers à soie; on quadruplerait enfin le cube du premier atelier en enlevant le rideau de toile, et en formant ainsi une seule salle des deux moitiés du côté gauche du bâtiment.

Les dispositions dont je viens de parler seront très favorables au succès de l'entreprise, car elles procureront une économie notable sur la main-d'œuvre et sur la dépense en glace ou en combustible, et donneront, en outre, le moyen d'augmenter l'espace occupé par les vers à soie, dans le rapport de l'accroissement qu'ils prendront à partir de leur premier âge jusqu'à l'époque de leur montée; tel est l'avantage qui résulte de la séparation du grand bâtiment en deux magnaneries égales, et sous tous les rapports parfaitement semblables.

Je supposerai, maintenant, pour plus de clarté, une des deux magnaneries entièrement occupée; je vais dire comment ce travail de la ventilation doit s'y faire, et ce qui suit sera applicable en tout point à la seconde ma-

(1) Au lieu d'une simple toile formant cloison, on pourra se servir, pour séparer l'atelier en deux salles égales, de châssis légers, couverts de toile et de papier gris, comme le sont les panneaux des décorations employées dans les théâtres.

(2) Cette partie de l'atelier, ainsi réduite, offre la condition la plus favorable non seulement pour l'éducation des vers à soie, aux premiers âges, mais aussi pour l'éclosion de la graine; elle devient alors une étuve ou chambre chaude, dont la chaleur est plus facile à graduer que par les moyens d'incubation dont on se sert ordinairement. (BONAFOUS.)

Digitized by Google

gnanerie formant le côté gauche du bâtiment, lorsque cette salle servira à l'éducation des vers à soie.

J'admets qu'on est bien d'accord sur le degré de chaleur (1), d'humidité et de ventilation qu'il faut entretenir constamment dans la magnanerie; cela posé, voici comment j'opérerais :

Ayant attaché des thermomètres contre les carreaux de deux des portes vitrées de la chambre à air, et ayant placé symétriquement à 1m,6 au-dessus du plancher de la magnanerie deux thermomètres et deux hygomètres pareils, je ferais du feu dans le calorifère *d*, si l'air extérieur était trop froid; je mettrais de la glace dans les caisses *r* (fig. 2285), si cet air était trop chaud, et je verserais enfin de l'eau dans ces caisses, ou dans quelques-unes d'elles, si l'air employé à la ventilation était trop sec. On conçoit que j'arriverais ainsi facilement, en pratique, à donner au courant ventilateur le degré de chaleur et d'humidité le plus convenable pour entretenir les vers à soie en bon état de santé, et pour les faire parvenir au plus grand développement possible (2).

Quant au degré de ventilation à donner à la magnanerie, le fait de l'existence de vers à soie à l'état naturel, sur les arbres et en plein air, à la Chine, prouve qu'ici on pourrait ne pas craindre d'outre-passer les limites nécessaires à l'assainissement de la salle; mais il vaudra mieux ne faire que les atteindre, et il ne faudra que s'aider de l'odorat pour arriver à ce but. Il suffira, en effet, de ne ventiler la magnanerie que de ce qu'il faudra pour que l'air ne s'y infecte pas vers le haut de la pièce, ce qu'on pourra reconnaître facilement, et à chaque instant, en se plaçant sur le plancher le plus élevé vers les derniers rangs de claies (3).

Les dispositions adoptées lors de la construction de la magnanerie de Villecomble, donnent de grandes facilités pour y pouvoir toujours établir une forte ventilation (4).

On sait que, dans une pièce disposée de manière à ce que l'air entrant par le bas puisse sortir par des ouvertures égales percées vers le haut, il suffit, en plus, d'une différence d'un demi-degré centigrade entre la température de l'air de la pièce et celle de l'air extérieur, pour donner au courant ventilateur la vitesse nécessaire à l'assainissement de la salle, dans le cas où l'air trouve des ouvertures suffisantes pour y pénétrer et pour en sortir. On voit donc que dans le climat du département de la Seine, on n'aura point de difficulté pour établir dans la magnanerie la ventilation convenable, qu'on aura très rarement à y faire usage de glace pour refroidir l'air extérieur, et que par conséquent, on n'y aura presque jamais à faire usage du tarare ou du fourneau d'appel, pour donner à la ventilation la direction ascensionnelle qu'il faut lui imprimer.

A Villecomble, il faudra presque toujours échauffer l'air extérieur avant de l'introduire dans la magnanerie, ce but sera facilement atteint au moyen du calorifère *d*. Dans ce cas, la ventilation s'établira d'elle-même, et on n'aura qu'à la régler.

Lorsque l'air extérieur sera assez chaud, on l'obligera à traverser la magnanerie en forçant la ventilation, soit au moyen du tarare *v*, soit en faisant usage du fourneau d'appel spécial, construit au bas de la grande cheminée, et lorsque cet air sera trop chaud on le refroidira au degré convenable au moyen de la glace, dans la chambre à air *b*, et on établira alors la ventilation, soit mécaniquement, au moyen du tarare *v*, soit par le feu, en se servant pour cela du fourneau d'appel spécial *z*. On voit que, sous ce rapport, le système de construction adopté ne laisse rien à désirer. Voyons maintenant comment on pourra n'établir dans la magnanerie que le degré de ventilation convenable (1).

Ici trois moyens permettent de bien régler la puissance de la ventilation : le premier et le plus simple consiste à ne donner aux chatières *o* que l'ouverture jugée nécessaire pour introduire dans la chambre le volume d'air convenable.

Le second moyen se trouve dans l'emploi raisonné de la tirette placée entre le tarare et la grande cheminée, et qui peut, à volonté, clore en tout ou en partie le passage *x* par lequel l'air vicié, sortant de la magnanerie, peut entrer dans la grande cheminée *u* (2).

L'emploi plus ou moins rapide du tarare *v* donne enfin un troisième moyen de régler convenablement la ventilation et sans le secours du feu.

Les détails dans lesquels je viens d'entrer doivent suffire pour bien faire comprendre tout ce qu'il y aura à faire dans la magnanerie de Villecomble, pour y élever les vers à soie, comme ils pourraient l'être en plein air et sous l'influence d'une constitution atmosphérique la plus favorable possible. Le contre-maître, en observant les deux thermomètres visibles du devant de la cloison, et ceux qui doivent être placés symétriquement dans la magnanerie, arrivera facilement à faire un emploi judicieux du feu et de la glace, pour donner constamment au courant d'air la température convenable; la marche des hygromètres lui indiquera s'il doit ou non ajouter de l'eau vaporisée au courant ventilateur, et l'odeur de l'air, au haut de la salle, lui donnera toujours le moyen d'amener la ventilation à n'être que suffisante pour opérer l'assainissement de la magnanerie. Lorsqu'on aura donné une bonne consigne au contre-maître, ce sera à lui à la bien exécuter, il

(1) Les propriétaires de magnaneries ne sauraient trop adopter l'usage du thermomètre à index, pour s'assurer constamment si la température prescrite a été observée en leur absence. Cet instrument se trouve décrit et figuré dans le *Bulletin de la société d'encouragement*, année 1824, p. 235, et dans mon *Traité d'éducation des vers à soie*. (BONAFOUS.)

(2) Une température trop basse ou trop élevée peut, en effet, contrarier la croissance des vers à soie, mais c'est la chaleur principalement qui leur est nuisible : 1° en excitant chez ces insectes un appétit qui n'est pas en rapport avec leurs forces digestives; 2° en favorisant la fermentation de leur litière. Certains magnaniers, accoutumés à se guider d'après une routine aveugle, s'imaginent mal à propos qu'une litière épaisse est nécessaire pour entretenir la chaleur des vers à soie, et cette erreur me paraît une des plus contraires à la réussite des éducations. Non seulement il faut fréquemment déliter les vers, mais dans cette opération, au lieu de jeter et de déposer à terre la litière des claies, comme on le fait ordinairement, on doit l'enlever avec soin et la transporter loin des habitations. J'ai vu dans mes ateliers la mortalité s'arrêter comme par enchantement par le simple enlèvement de la litière. (BONAFOUS.)

(3) Les personnes vivant dans l'atelier, finissant par être insensibles à l'odeur qui s'y développe, doivent ne point toujours se rapporter à elles-mêmes.

(4) On doit, pour bien comprendre ce qui suit, se souvenir que le système de ventilation dont je parle n'est parfait que lorsque toutes les fenêtres et les portes de la magnanerie salubre sont exactement fermées. Le contre-maître ne devra jamais ouvrir les fenêtres de l'atelier; quant aux portes, en y plaçant des contrepoids, on sera assuré qu'elles ne resteront jamais ouvertes inutilement.

(1) Dans les localités où il est difficile ou trop dispendieux de se procurer la glace nécessaire, on peut, entre autres moyens d'y suppléer, étendre dans l'intérieur des ateliers de grandes toiles mouillées que l'on trempe dans l'eau aussi souvent que l'on le juge convenable. Les vapeurs froides qui s'en dégagent produisent un abaissement de température dont je me suis fort bien trouvé dans maintes circonstances. (BONAFOUS.)

(2) Je pense qu'en dirigeant bien les travaux d'une magnanerie salubre, l'assainissement y sera tel, qu'on n'aura plus besoin d'y avoir recours à l'emploi des fumigations de chlore gazeux; si cependant on voulait continuer à faire usage de ce moyen de désinfection, ce serait dans la chambre à air qu'il faudrait placer les vases contenant le mélange fumigatoire.

C'est par l'un de ces deux premiers moyens qu'il faudra régler la ventilation, toutes les fois que la température de la magnanerie sera plus élevée que celle de l'air extérieur.

Digitized by Google

aura tous les moyens de le faire; le propriétaire pourra donc le rendre responsable des fautes commises, et s'assurer ainsi du succès de son entreprise.

Il est évident que le contre-maître, chargé de diriger les travaux d'une magnanerie salubre, aura, en commençant, plus de peine qu'on en a en conduisant l'éducation des vers à soie, comme on le fait maintenant dans le midi de la France; mais quand son apprentissage sera fait, le peu de peine qu'il aura à prendre pour bien régler son travail sera et au-delà compensé par la diminution de l'inquiétude continuelle qu'il éprouve maintenant pendant tout le temps de l'éducation des vers à soie, par la satisfaction de n'avoir point à craindre les reproches du maître, et par la certitude de toujours arriver à d'heureux résultats dans le travail qui lui est confié.

Il ne s'agit pas d'avoir à payer un homme habile pour diriger les travaux d'une magnanerie salubre; ici, il ne faut qu'un ouvrier soigneux et exécutant bien la consigne qui lui est donnée; or, l'emploi des machines à vapeur et de tant de mécaniques plus compliquées, a prouvé que partout où on le voulait on trouvait des chauffeurs intelligents et de bons contre-maîtres, à plus forte raison, trouvera-t-on partout à bien faire diriger une magnanerie salubre, car il n'y a point un village où il n'existe une ouvrière soigneuse et intelligente, ou un militaire retraité esclave de la consigne, et où ne puisse se trouver dans cette classe de la société un contre-maître qui veuille consacrer quelques mois par an à diriger les opérations d'une industrie honorable, intéressante dans tous ses détails, et flatteuse autant qu'importante par les résultats qu'elle procure.

Le mobilier dont une magnanerie doit être garnie comprend : des tablettes propres à supporter les vers, des sacs et des paniers pour recevoir les feuilles, des couteaux, ou mieux des coupe-feuilles, des tamis pour les distribuer, des filets pour faire le délitement. A ces appareils il faut ajouter des thermomètres, un baromètre et des hygromètres.

La plupart de ces ustensiles ou instruments sont si connus qu'ils n'ont pas besoin de description spéciale.

Disons quelques mots seulement des claies et des coupe-feuilles.

Ces claies qu'on recouvre de papier pour y placer les vers sont faites en osier, en roseau, en canne ou simplement en bois; elles sont maintenues dans des cadres à rebord faits en bois léger qui sont supportés par des montants, et dont elles peuvent facilement s'enlever à volonté, de manière que l'on puisse, au besoin, changer les claies de place pour hâter ou retarder l'éducation.

Ces claies sont séparées par des intervalles plus ou moins grands sur la hauteur et la largeur de la magnanerie.

En 1841, M. Quartini a présenté à la section d'agronomie et de technologie un mémoire sur la nécessité de couper les feuilles du mûrier.

Cette opération est en effet extrêmement utile dans le premier et le quatrième âge, et même au commencement du cinquième, le ver, quand il sommeille ou qu'il change de peau, n'ayant pas la force de ronger des feuilles dures et entières.

On ne peut déterminer d'une manière générale et positive les quantités de feuilles absorbées pour un poids donné de graine et de cocons. Ces quantités varient nécessairement avec la qualité des feuilles et celle des œufs, et l'habileté des éleveurs. Les circonstances atmosphériques n'ont pas autant d'influence sur la production que les soins apportés à l'éducation. Les instructions données aux magnaniers, quelque étendues qu'elles soient, ne peuvent suppléer à l'expérience, que la pratique seule peut donner.

Il résulte d'ailleurs des expériences récentes de M. Robinet que les différences de climats en France n'ont aucune influence sur le rendement de la soie. L'humidité, maintenue dans les magnaneries également bien tenues, paraît être le seul élément qui puisse modifier la quantité de soie produite.

Voici les moyennes de rendement que nous avons pu recueillir, et qui sont indiquées également dans les différents mémoires de MM. Henri Bourdon, Gasparin, et Camille Beauvais : 31 grammes de graine peuvent donner environ 25 à 68 kilogrammes de cocons (1), et consommer de 800 à 1.000 kilogrammes de feuilles de mûriers.

Les variations de rapport sont de 30 à 55 kilogrammes de cocons pour 1.000 kilogrammes de feuilles; elles dépendent, comme nous l'avons dit, des années, des soins, de la quantité de feuilles et de l'échelle sur laquelle on opère. Le prix de la feuille varie également avec les mêmes circonstances, et suivant que l'éleveur la cultive ou l'achète. Dans ce dernier cas, les prix varient de 7 à 9 francs les 100 kilogrammes.

Quant à la dépense de main-d'œuvre nécessaire, elle est plus constante; elle peut cependant varier aussi avec l'importance de l'éducation. MM. Camille Beauvais et Brunet de Lagrange comptent qu'il faut 31 journées d'homme pour une éducation de 31 grammes. M. Henri Bourdon compte 20 journées d'homme, 156 de femme et 30 d'enfant pour une éducation dix fois plus considérable, ou pour 310 grammes. On voit qu'il y a avantage, sous ce rapport, en faveur d'une grande production.

En comparant la quantité de graine avec celle des cocons, on trouve que la moitié au moins de la graine reste improductive. L'amélioration de l'éducation des vers à soie modifiera sans doute ces résultats. La chrysalide qui reste après le dévidage du cocon n'est pas entièrement perdue, elle est utilisée comme engrais; mais, pour l'employer ainsi, il faut la dénaturer et la mélanger à d'autres engrais : sans cela, elle donne aux végétaux un goût tout particulier et fort désagréable. Des études complètes, sous le point de vue de la chimie et de l'histoire naturelle, qui auraient pour but d'envisager le ver à soie dans toutes les phases de ses transformations, nous manquent encore, mais nous savons que la science s'occupe de cette importante question, à laquelle elle ne manquera pas sans doute de rendre des services en portant la lumière sur des points encore obscurs, et en donnant des moyens plus certains de réussite.

Tirage de la soie du cocon.

Le tirage de la soie a pour but de décoller et de remettre en liberté le fil continu que l'insecte, en formant son cocon, a replié autour de lui par couches successives agglutinées.

La finesse du double fil qui forme le brin élémentaire de la soie est telle qu'on en réunit toujours plusieurs pour former la soie grége produite par l'opération du tirage, qui est le fil le plus fin dont l'industrie des soieries fait usage : on tire la soie du cocon en développant le fil et en le dévidant dans des conditions spéciales que nous allons avoir à examiner. Avant de procéder à cette opération, il y a quelques précautions préliminaires à prendre.

Si, comme cela arrive souvent, on achète les cocons pour les filer, il faut avoir soin de bien examiner leur état de dessiccation, car on sait que la soie est un corps éminemment hygrométrique, et que les chrysalides peuvent être plus ou moins fraîches et avoir un poids plus ou moins grand.

(1) Ce dernier nombre, le plus avantageux, a été obtenu par M. C. Beauvais.

Digitized by Google

Il faut aussi s'assurer qu'ils sont dans un bon état de conservation, et n'ont pas été attaqués par la moisissure. Il faut examiner en outre s'ils n'ont aucun des défauts que nous avons signalés en parlant de l'éducation. Avant de livrer les cocons aux ouvriers qui doivent les dévider, on a soin de les trier et de réunir ensemble ceux qui présentent les mêmes qualités. Pour opérer le tirage plus facilement, on enlève préalablement avec les doigts la partie duveteuse ou première bourre qui se trouve à la surface des cocons, c'est-à-dire la bourrette ou le blaise. On met ensuite à part les cocons blancs ou *sina* produisant la soie la plus estimée; les cocons *doubles* dont le dévidage est le plus difficile; les *chiques* qui contiennent de la soie tachée; les *pointus* qui menacent de se trouer par le bout; les *satinés* dont la contexture est molle.

On réserve les cocons de première qualité à faire de la soie organsin pour former les fils de chaînes. La qualité suivante sert pour la trame, et la moins bonne est destinée au poil.

L'opération du tirage de la soie est excessivement simple en apparence, mais elle a besoin, en réalité, plus qu'une autre peut-être, du concours de l'intelligence et du secours d'instruments parfaitement raisonnés, car les mêmes cocons peuvent donner des produits plus ou moins parfaits à des conditions plus ou moins avantageuses, suivant que l'opération du tirage aura été bien ou mal faite. L'opération ne peut avoir lieu que par l'intervention de l'eau chaude, qui a la propriété de décoller le fil replié et de le livrer au dévidage sans opposer de résistance. L'eau employée doit nécessairement être pure et limpide, de manière à n'avoir aucune action nuisible sur la matière soyeuse.

Les caractères qu'un fil de soie parfait doit présenter, sont ceux qu'on exige des fils en général.

Il doit donc être homogène, avoir le même diamètre sur toute sa longueur, et présenter une égale résistance et une élasticité parfaite sur tous les points de la longueur; sa surface doit de plus être nette, lisse, brillante, autant que possible exempte de duvet.

L'opération du tirage doit réaliser ces conditions le plus économiquement possible, et rendre la soie sous une forme telle, que les dévidages ultérieurs qu'on est obligé de faire subir se fassent facilement et promptement avec le moins de déchet possible.

Les machines à tirer la soie des cocons ont été le but de bien des recherches depuis environ un siècle. L'Italie, surtout, qui trouve dans la production des cocons une de ses plus grandes ressources, s'est le plus ardemment préoccupée de ces recherches; aussi les tours à tirer la soie employés en France, sont-ils encore aujourd'hui, sauf quelques modifications, les anciens tours employés en Piémont.

Ces machines se composent ordinairement : 1° d'une bassine à eau chaude pour contenir les cocons à dévider; 2° d'une filière, pour livrer passage à un certain nombre de brins de cocons réunis qui forment le fil grége; 3° d'un appareil croiseur pour mener le fil de manière à l'arrondir, à en comprimer l'humidité, et à faire bien adhérer les brins entre eux; 4° d'un guide doué d'un mouvement alternatif, et qu'on nomme par cette raison le *va-et-vient;* il a pour but de faire croiser le fil sur le dévidoir, afin qu'il ne se colle pas en revenant sur lui-même, et de faciliter le dévidage ultérieur; 5° enfin l'asple ou dévidoir, doué d'un mouvement de rotation continu, et disposé pour recevoir la soie qui lui est amenée par le va-et-vient. L'ensemble de la machine se nomme un *tour.*

Tous les tours connus possèdent les différents éléments que nous venons de mentionner, ils ne different entre eux que par des modifications apportées, soit dans la manière d'imprimer le mouvement général à la machine, soit dans des changements de dispositions dans chaque organe. Nous allons étudier successivement les modifications les plus importantes. Un des tours les plus anciennement connus est le *tour piémontais.* Sur cette machine on forme deux écheveaux à la fois, en dévidant simultanément une quantité suffisante de cocons pour deux fils, qui se séparent à la sortie de la bassine comme nous le verrons bientôt. L'économie que présente cette méthode l'a fait généralement adopter depuis. Nous citerons les exceptions. Vaucanson avait apporté à cette machine un seul changement, qui consistait dans la manière de croiser les bouts ou fils à leur sortie de la bassine; quoique le système de Vaucanson soit à peu près abandonné aujourd'hui, il en est cependant encore souvent question.

Les anciens règlements sur les fabriques, tant en Italie qu'en France, qui n'admettaient que la croisure simple, déterminaient le nombre de tours d'une bonne croisure, et le rapport de vitesse entre le mouvement de l'asple et celui du va-et-vient. Le nombre de tours pour la croisure simple était de 20 pour les fils les plus fins, et devait augmenter proportionnellement à leur grosseur, et le rapport entre la vitesse de l'asple et celle du va-et-vient était tel, que le fil d'un écheveau ne revenait au même point de l'asple qu'après 875 tours.

Avant d'indiquer les modifications principales qui ont été apportées au tour dont nous venons de parler, disons quelques mots de la marche générale du travail.

Pour commencer l'opération du tirage et arriver à saisir le fil continu, que l'on nomme bout ou fil grége, il faut enlever la bourre ou frison qui garnit la surface des cocons, et qui provient, comme nous l'avons vu, du canevas grossier que l'insecte commence à établir autour de lui pour se procurer des points d'appui et des parois convenables.

L'opération par laquelle on dégage le frison est ce qu'on nomme le battage, et celle par laquelle on l'enlève se nomme la purge. Il faut que la purge soit complète pour que tous les bouts rompus de la surface soient enlevés; mais pour éviter une perte réelle, il ne faut pas qu'elle soit poussée trop loin. On peut obtenir une quantité de bourre qui varie de 18 à 30 p. 100 du poids de la soie. La valeur de la bourre étant moindre que celle de la soie, la meilleure purge est nécessairement celle qui produit la plus petite quantité possible de bourre, sans diminuer la perfection de la soie grége, et qui en même temps dispose le cocon de manière qu'il puisse être facilement et complétement dévidé. Depuis quelque temps on a entrepris des études sérieuses sur cette partie du travail. Pour faire la purge, l'ouvrière plonge à l'avance une certaine quantité de cocons, ordinairement une poignée, dans une bassine d'eau bouillante. Elle les agite ensuite avec un balai en bouleau, en bruyère ou chiendent. Les cocons suffisamment agités, l'ouvrière retire son balai, puis elle saisit tous les brins que le balai a démêlés et les dispose sur les bords de la bassine.

Après la purge, la bourre est mise de côté pour être travaillée d'une manière spéciale, et l'on commence immédiatement le tirage des cocons dans l'eau des bassines, chauffée autant que possible, soit à feu nu, soit à la vapeur. Le battage, la purge et le tirage des cocons ayant lieu dans la même eau, elle se salit bientôt et a besoin d'être renouvelée pour qu'elle ne tache pas la soie; il faut moyennement renouveler l'eau quatre fois par jour.

L'ouvrière assise devant les bassines recueille tous les brins des cocons; elle en prend le nombre nécessaire pour former deux fils. Ce nombre varie depuis trois jusqu'à vingt, suivant la grosseur ou le titre qu'on doit donner à la soie grége.

On ne dépasse guère le dernier nombre, qui est lui-même rarement atteint.

La fileuse forme avec la quantité de brins nécessaire

Digitized by Google

deux fils qu'elle fait passer dans les filières du tour, puis elle croise les brins l'un sur l'autre; elle les dirige dans les guides du va-et-vient, et les porte enfin sur l'asple. Si la jonction des fils se fait irrégulièrement, il en résulte une inégalité qu'on nomme *bouchon*.

Si l'un des fils vient à casser, il se colle à l'autre forme une solution de continuité qu'on nomme *mariage*; il faut alors arrêter l'opération, enlever le mariage, rattacher les fils, les croiser et les mettre en un mot dans la position qu'ils occupaient avant la rupture.

Le passage des fils à travers les filières et la croisure sont indispensables pour établir leur adhérence parfaite, pour les arrondir, et leur donner une surface aussi lisse, aussi unie et une grosseur aussi égale que possible. Une forme ou disposition incommode des filières rendrait la réunion des brins difficile, et pourrait occasionner des inégalités ou bouchons dans le fil. La matière gommeuse et collante de la soie ayant été ramollie par l'eau chaude, les fils grèges se colleraient sur l'asple, si le va-et-vient ne leur laissait le temps de se refroidir et de se sécher, et si on ne les croisait comme nous l'avons dit. Une torsion insuffisante n'arrondirait pas le fil et ne le sècherait pas suffisamment. Une trop grande torsion diminuerait sa force et son éclat.

Le mouvement de va-et-vient doit donc être combiné par rapport à celui de l'asple, de telle manière que le fil y arrive à peu près sec, et que l'entrelacement des différentes couches de l'écheveau se prête facilement au dévidage ultérieur sans occasionner de déchets.

Les moyens que nous venons d'indiquer, employés pour obtenir l'égale grosseur des fils sur toute leur longueur, ne suffiraient pas, si on se bornait à procéder successivement et séparément au dévidage de chaque quantité de cocons; car les brins des cocons allant en augmentant de finesse, à partir de la surface au centre, dans un rapport moyen d'un à quatre, il est évident que, à la fin du dévidage, on obtiendrait un fil sensiblement plus fin qu'au commencement, ce qui serait un défaut. Pour éviter cet inconvénient, l'ouvrière ajoute successivement un nouveau cocon pendant le travail, de manière a échelonner l'époque de l'épuisement de chaque cocon, et à renouveler graduellement ainsi la quantité de cocons nécessaires à un seul fil, ce qui maintient la régularité de grosseur du fil.

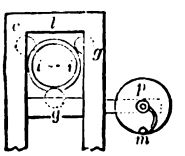
Quel que soit le soin qu'on ait apporté à la construction de ces différentes parties de la machine, il faut, en outre, que le tour soit dirigé par une ouvrière habile et intelligente pour obtenir un travail satisfaisant. C'est presque un axiome de l'industrie sèricicole, que la fileuse est tout et l'instrument peu de chose; une ouvrière habile fera mieux avec un tour imparfait qu'une fileuse médiocre avec un tour excellent.

Quelquefois une seule ouvrière tourne la manivelle et surveille le travail, mais généralement l'impulsion est donnée au tour par un enfant ou une femme. L'attention de la fileuse est complétement concentrée sur les cocons de la bassine.

Les défauts les plus ordinaires qui se présentent, dans une soie grége imparfaite, sont les inégalités de grosseur ou bouchons produits par l'adjonction mal faite d'un brin. Les mariages ou enchevêtrements des fils des deux écheveaux séparés; les taches, les inégalités de couleur, les inégalités d'adhérence et de solidité provenant d'une croisure mal faite, et qu'on nomme *mort volant;* les bouts rompus ou solutions de continuité dans les fils.

Les collures ou adhérences des fils qui partent sur certaines parties de l'asple, et que l'on considère généralement comme nécessaires pour conserver la forme de l'écheveau et faciliter son dévidage, seraient également des défauts si elles étaient trop fortes et dépassaient le degré strictement utile.

Tous les efforts tentés jusqu'ici ont eu pour but la construction d'un tour évitant les défauts que nous venons de signaler et facilitant le travail de l'ouvrière. En employant le système de croisure de Vaucanson, on obtenait généralement des fils grèges plus ronds, plus nerveux au toucher et plus secs à leur arrivée sur le dévidoir, mais le fil était plus fatigué que par la croisure unique, et le mécanisme employé se dérangeait souvent.



2287.

La fig. 2287 peut faire comprendre le mécanisme croiseur imaginé par Vaucanson qui substituait la double à la simple croisure. En effet, après avoir croisé les fils destinés aux deux écheveaux à la sortie de la bassine, on le fait passer ensuite dans des barbins *i i*, placés dans l'intérieur d'une lunette *l*, ou poulie à gorge qui peut tourner dans un cadre en bois *c*. Ce mouvement est facilité par les galets *g*, et imprimé par une courroie passant de la poulie *l*, à la partie *p*. Celle-ci est armée d'une manivelle *m*, que l'ouvrier tourne à la main en comptant les tours.

Le mode de transmission de mouvement qui avait été adopté pour le tour, a été modifié et amélioré. Mais le système de la double croisure est resté; on en fait encore quelquefois usage, quoiqu'il ne soit pas complétement à l'abri de reproches, comme nous venons de le voir.

L'effet de la croisure est nécessairement proportionnel au nombre des révolutions que l'on fait faire aux fils en les croisant, et la régularité des fils dépend de la longueur constante de la croisure, et par conséquent du nombre des révolutions que les fils font l'un autour de l'autre. Dans le mécanisme de Vaucanson, ce nombre de révolutions dépendait de celui que la fileuse imprimait à une manivelle. Il était par conséquent exposé à des variations. MM. Villard et Taberin ont, chacun de leur côté, proposé, pour éviter cette cause d'irrégularité, des moyens qui ont été remplacés par des moyens perfectionnés.

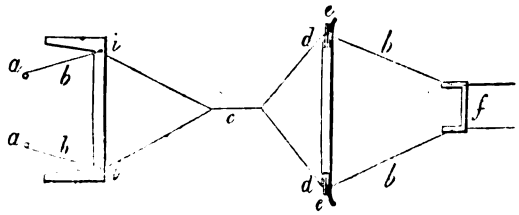
On a surtout cherché à remédier à l'effet des mariages, qui constituent un des défauts les plus graves que la soie pourrait présenter. Comme il nous serait impossible de citer les nombreuses tentatives faites dans ce but, nous allons signaler quelques moyens employés qui ont paru les plus simples et les plus efficaces.

Lorsqu'un mariage a lieu, si la fileuse ne s'en aperçoit pas, le défaut reste dans la soie; si elle s'en aperçoit, elle ne peut l'enlever qu'en faisant revenir l'asple sur lui-même, car sa vitesse acquise ne permet pas de l'arrêter instantanément. Le résultat de cet accident est donc souvent un défaut persistant, et cause en tous cas une perte de temps. Les différents mécanismes proposés pour obvier à cet inconvénient ont toujours pour but d'empêcher la formation des mariages, ou de les couper et de faciliter le rajustement du fil : ils ont par conséquent reçu les noms de *coupe* ou *purge-mariage*.

Coupe-mariage. Un des coupe-mariage les plus simples et dont la disposition est indépendante de la construction du tour, consiste en deux cylindres en verre placés entre la croisure et le va-et-vient. Ces cylindres ont entre eux un intervalle suffisant pour laisser passer librement un fil uni, tel qu'il doit être régulièrement produit, mais trop étroit pour laisser passage à un tourillon ou un mariage. Ce contact de la soie humide contre les cylindres empêche les fils de glisser et d'aller plus loin. La fileuse arrête alors le tour et rajuste les fils. La

Digitized by Google

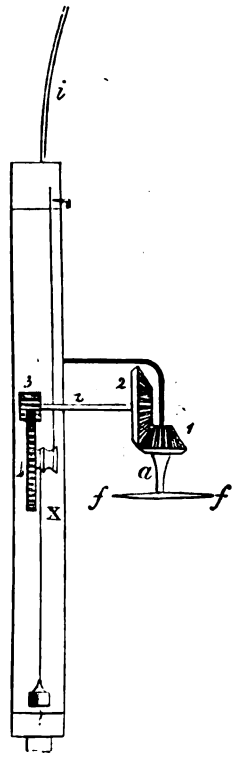
fig. 2288 indique la marche générale des fils, de la bassine au va-et-vient. *a*, *a*, figurent les cocons ; *b*, *b*, les fils ; *i*, *i*, les filières ; *c*, la croisure ou croisade ; *d*, *d*, les barbins déterminant l'écartement du fil de soie. Le second cylindre *e e*, est nommé purgeoir, et *f*, indique le va-et-vient. Cet appareil a été imaginé par MM. Lacombe et Barrois, filateurs de soie à Alais.



2288.

Beaucoup d'autres tentatives ont été faites, mais nous nous bornerons à citer et à décrire les tours qui paraissent jouir de la plus grande faveur dans l'industrie séricicole. Parmi ceux-là on indique souvent le tour de M. Bourcier de Lyon.

La modification essentielle de ce tour consiste dans la construction du croiseur mécanique, que nous nous bornons par conséquent à décrire (1). Jusqu'ici, malgré toutes les tentatives faites, on était toujours obligé de croiser les bouts à la main, ce que l'on regardait comme une cause d'irrégularité.



2289.

Cette croisure est faite avant de commencer le travail sur le petit mécanisme appelé croiseur que l'on voit en X et dont la fig. 2289 donne une vue de côté. Ce croiseur X est formé d'un fuseau *f f*, aux extrémités duquel se fixent les deux fils à croiser. Ce fuseau est porté par un axe *a*, sur lequel sont montés les deux pignons d'angles 1 et 2. L'axe horizontal du pignon 2 reçoit à l'autre extrémité une autre paire de roues d'angles 3 et 4 sur une double gorge extérieure recevant la ficelle *h*, terminée par un bouton *l*, et la ficelle K ; *g*, est un petit contre-poids attaché à la corde K.

L'ensemble de ce système est enveloppé par la boîte X qui est surmontée d'une tige d'écartement flexible *i*, disposée en forme de T et dont chaque extrémité porte une petite roulette *y*.

Pour opérer la croisure, il suffit de fixer les fils aux extrémités de la fusée *f f*, et de la faire tourner pour lui imprimer le mouvement de rotation ; l'ouvrière tire sur le bouton *l*, jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point de repère *m*, qui limite la course, puis elle lâche la corde, et le petit poids en descendant fait tourner l'axe *a*, et par suite la fusée d'une quantité proportionnelle. On voit qu'il n'y a rien de plus facile que de faire varier cette quantité.

Lorsque la croisure est faite, on casse les fils pour les détacher du croiseur et les porter sur le tour. On les applique sur des roulettes d'écartement. On les fait passer, en les faisant croiser une seule fois, pour les maintenir suffisamment rapprochés, dans les guides du va-et-vient qui se trouvent à la partie supérieure du tour et qui dirigent les fils sur l'asple. Comme les guides ont entre eux un espace plus grand que la largeur de l'asple, et que les fils ne peuvent être maintenus dans cette largeur que par la dernière croisure dont nous venons de parler, dès qu'un fil casse, cette croisure disparaît, les fils se trouvent alors séparés d'une quantité plus grande que la largeur du dévidoir, et le fil rompu au lieu de se rouler sur l'asple tombe sur le prolongement de l'axe, et avertit ainsi l'ouvrière de l'accident.

On reproche à ce système les dérangements fréquents que présentent les petites cordes du croiseur.

M. Robinet, qui s'occupe avec tant de zèle et de succès des questions de l'industrie séricicole, a étudié sous un point de vue nouveau les différentes questions qui se rattachent au tirage des cocons. Il a cherché à se rendre compte de l'influence que pouvaient avoir sur la soie les différents modes de croisures, les vitesses variables des tours, le rapprochement plus ou moins grand entre les filières et la bassine contenant l'eau chaude, et il est arrivé aux conséquences suivantes :

1° Dans la filature, la soie éprouve un allongement proportionnel à la résistance qu'elle doit subir pour arriver sur l'asple ;

2° Cet allongement est d'autant plus grand que les causes qui le produisent agissent plus près de la bassine ;

3° La vitesse imprimée à la marche de la soie contribue pour beaucoup à son allongement ;

4° Le ralentissement au contraire paralyse en grande partie l'action des frottements ;

5° L'espèce de frottement qui agit le plus est celui que produit la croisure ;

6° La soie qui n'éprouve aucun, ou presque aucun frottement, a un titre qui n'est que la multiplication du titre de la base ou brin simple du cocon dont elle est extraite ;

7° Au contraire, la soie qui a éprouvé des frottements, et par suite une extension plus ou moins considérable, a un titre qui peut être d'un quart moins fort que celui des cocons dont elle a été formée.

M. Robinet a trouvé en outre que la simple croisure présentait plus d'avantages que la double, que la première conserve à la soie plus de solidité, diminue considérablement les chances de mariages et de ruptures, et permet d'obtenir un titre donné avec un moins grand nombre de cocons. Ce qui réduit aussi les chances d'irrégularité, c'est qu'elle ménage davantage le brillant de la matière. La croisure simple doit donc être généralement préférée d'après l'expérimentation.

M. Robinet, avec tous les bons esprits, s'est occupé de l'importante question du battage des cocons sur laquelle il a publié une instruction détaillée. Tous les filateurs qui travaillent au chauffage à la vapeur pourront consulter avec fruit ce petit mémoire, et celui de M. Ferrier sur le même sujet. M. Ferrier a accompagné sa description d'une série d'excellents dessins indiquant les

(1) La nature de cette publication nous force de tronquer nos descriptions qu'on retrouvera complètes dans l'*Essai sur l'industrie des matières textiles* (chez M. Mathias, libraire).

Digitized by Google

différentes manipulations que l'ouvrière doit exécuter pour mettre le travail en train à partir du battage jusqu'à ce que le tour soit en mouvement.

A la suite de ses recherches M. Robinet a été conduit à construire un tour qu'il a composé de ceux des éléments qui lui ont paru les meilleurs dans les tours usités. Il y a ajouté un mécanisme ingénieux de soin nvention pour opérer la croisure. Nous allons donner la description de cette machine telle qu'elle fonctionne chez l'auteur qui a bien voulu la mettre à notre disposition.

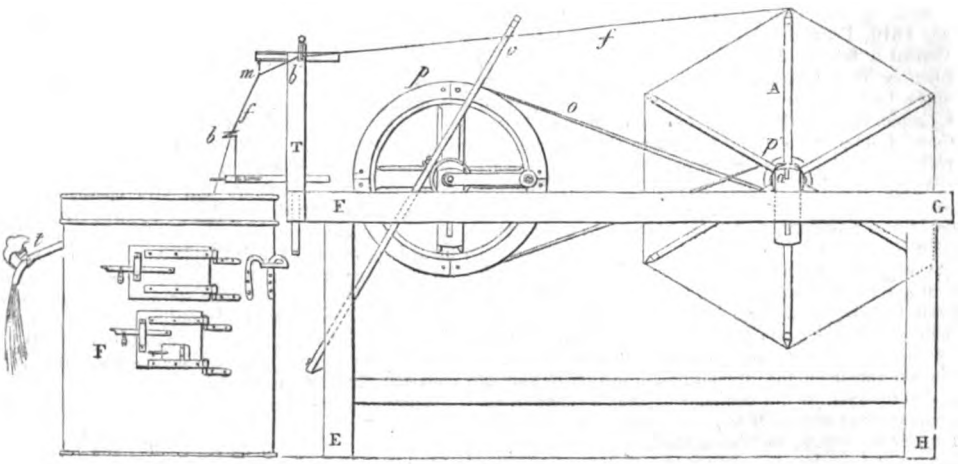
La fig. 2290 est un plan de la machine; et la fig. 2291 une élévation de la machine et du fourneau.

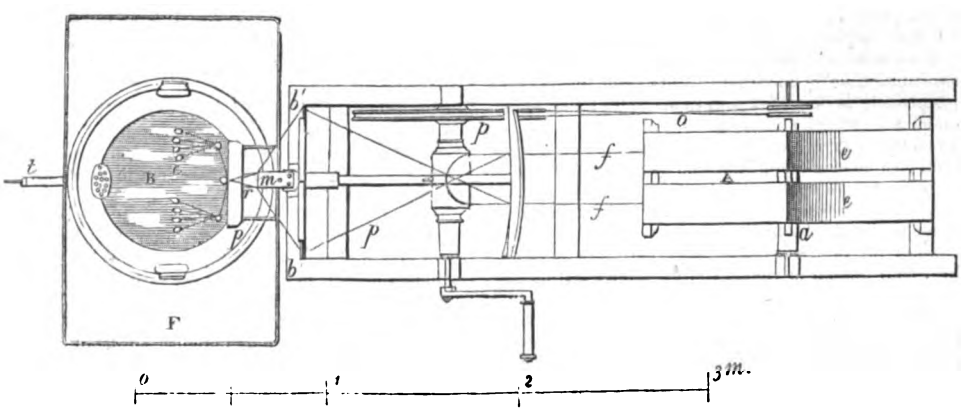
points d'appui des différentes parties sont établis sur le bâti général en bois E F G H.

Au-dessus de la bassine se trouvent les filières *i*, *i*, qui sont en agate. M. Robinet a eu l'idée de les rendre mobiles de manière à faire varier leur distance de la bassine et à pouvoir les en éloigner au moment de la battue pour qu'elles ne gênassent pas l'ouvrière. A la sortie des filières les brins passent croisés dans un conduit *b*, qui les maintient et empêche les vibrations, qui font que, d'ordinaire, les fileuses ne peuvent pas très bien vérifier la régularité des fils à la croisure.

Un compteur sert à indiquer le nombre des révolutions.

2291.





2290.

L'ensemble de la machine n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'elle occupe peu de place, et qu'elle a peu d'élévation, afin que de jeunes filles puissent y être facilement employées.

F est la masse du fourneau qui reçoit une bassine évasée en cuivre étamé B, qui est garnie du petit robinet *t* pour la vider. A la suite du fourneau sont disposées comme à l'ordinaire les différentes pièces qui composent un tour à tirer la soie des cocons, c'est-a-dire les *filières*, le *croiseur*, un *brise-mariage*, le *va-et-vient*, l'*asple* ou *guindre*, et les commandes nécessaires pour imprimer le mouvement aux différents organes. Les M. Robinet a appliqué à son tour, que nous avons déjà décrit, le *brise-mariage* de M. Chambon, qui consiste en deux tubes de verre qui sont représentés en *b*, *b'*. La tringle ou tige *v* du va-et-vient reçoit son mouvement par l'arbre *a* qui porte la manivelle, faisant en même temps mouvoir la poulie *p*. Cet arbre a une partie renflée au milieu, dans laquelle on a pratiqué une coulisse ou rainure en courbe d'une forme telle, que la tige du va-et-vient y étant engagée pendant que l'arbre *a* tourne, cette tige est forcée de prendre alors un mouvement de va-et-vient régulier.

C'est le même arbre *a* qui transmet le mouvement au

Digitized by Google

guindre, par le moyen de la corde croisée o, qui passe de la poulie p sur la poulie p', disposée sur l'axe du guindre A, qui a ses points d'appui de chaque côté dans le bâti E F G H.

M. Robinet a calculé avec le plus grand soin les dispositions relatives de chacune des pièces. Pour que le travail pût être exécuté dans les conditions les plus favorables, il a rapproché la manivelle motrice de la bassine, afin que la surveillance fût plus facile.

Nous avons vu manœuvrer cet appareil, qui fonctionne très légèrement, et qui doit être d'un entretien à peu près nul. Son rendement, tant sous le rapport de la quantité de soie que sous le rapport de la qualité, ne peut être qu'avantageux, si on apporte à son emploi tous les soins, les connaissances, que son auteur recommande, et qu'il possède à un si haut degré.

Mode de chauffage des tours. Jusque vers l'année 1810, l'eau des bassines était chauffée exclusivement à feu nu. Les bassines étaient placées sur un foyer direct, comme une chaudière de teinture ou toute autre. La tourneuse, ouvrière qui donnait le mouvement à l'asple, était chargée d'entretenir constamment le feu. Ce mode de chauffage, qui est encore appliqué dans les petites exploitations du Midi, présente plusieurs inconvénients. Il occasionne une dépense de combustible assez forte, exige beaucoup de place, et expose la pureté de la soie à être altérée par les émanations du combustible.

C'est pour parer à tous ces inconvénients que M. Gensoul eut l'idée d'appliquer la vapeur au chauffage de l'eau des bassines. Cette idée, si simple et si rationnelle, donna une véritable célébrité à son nom, et causa une heureuse transformation dans l'industrie séricicole. Un générateur unique est chargé d'alimenter de vapeur toutes les bassines qui contiennent l'eau à chauffer. Ce générateur et son foyer sont ordinairement séparés de l'atelier du filage, et l'alimentation se fait par des tuyaux et des robinets convenablement disposés.

Le système de M. Gensoul étant bien connu, et ne présentant d'ailleurs rien de particulier qui n'existe dans tous les appareils de chauffage des liquides par la vapeur, nous croyons pouvoir nous dispenser d'en donner une description plus détaillée.

Force motrice. Une autre innovation consiste dans la substitution de la force motrice de l'eau ou de la vapeur à celle de l'ouvrière pour mouvoir les tours. Quand on en a un grand nombre à faire marcher, et qu'on a un cours d'eau ou une machine à vapeur à sa disposition, rien de plus facile alors que de commander autant de tours que l'emplacement le permet avec un seul arbre. Il suffit de jeter une courroie de la poulie du moteur à une poulie placée sur l'extrémité des guindres, en établissant les rapports convenables entre ces deux poulies, pour obtenir la vitesse voulue, qui ne doit pas être trop grande, afin que les ouvrières aient le temps suffisant pour suivre parfaitement les fils. Le choix du moteur sera déterminé d'après les considérations ordinaires. On devra seulement considérer que pour le tirage des cocons, le moteur ne devra servir qu'une partie de l'année, le moins longtemps possible, car l'expérience a prouvé que pour ce système de filage, le plus répandu actuellement, il y avait grand avantage pour la qualité et le rendement de la soie à dévider les cocons les plus frais possible.

Tour Locatelli. Nous avons réservé en dernier lieu la description du tour de M. Locatelli, non parce que sa machine est précisément la plus récemment connue, mais parce qu'elle nous a paru réunir toutes les conditions désirables pour une machine parfaite de ce genre, une construction solide, légère, parfaitement raisonnée, et, en un mot, à la hauteur des connaissances mécaniques de notre époque.

M. Locatelli a pensé qu'il serait bon, pour une matière aussi précieuse que la soie, de construire une machine au moyen de laquelle on pourrait opérer plus régulièrement bien, et indépendamment de l'habileté de l'ouvrière. Il a eu l'ambition de doter l'industrie séricicole d'un appareil au moyen duquel on parviendrait à travailler la soie avec la perfection, l'économie et la facilité que présente aujourd'hui le travail de nos autres matières textiles.

Jusqu'à quel point M. Locatelli a-t-il réussi ? c'est ce que la description suivante va nous permettre de décider en partie.

Le tour de M. Locatelli est représenté en plan figure 2292, en élévation fig. 2293.

Les principales parties qui constituent un tour se retrouvent dans celui-ci. Il a été disposé originairement pour le filage d'un seul écheveau à la fois. Nous allons mentionner succinctement chacune de ces parties, sur lesquelles nous reviendrons ensuite avec quelques détails. Elles occupent les mêmes places relatives que dans la plupart des appareils semblables. En avant de la machine on remarque la bassine S, au-dessus de laquelle est disposée la filière F. Entre la bassine et l'asple est placé un montant vertical *t'*, qui supporte la bobine N en porcelaine et le petit cylindre en verre, entre lesquels la croisure doit être operée. Au pied du montant se trouve le guide-fil ou va-et-vient c, qui reçoit son impulsion par une commande convenablement disposée sur l'axe de l'asple A, auquel l'impulsion est donnée au moyen de la manivelle *m*, mue par une pédale P. On voit que cette dernière disposition est celle adoptée pour un rouet ordinaire. L'asple tourne à sa partie inférieure dans une caisse creuse C D E F. Tout le système est supporté sur des pieds B B, B' B', convenablement disposés et solidement assemblés.

Reprenons maintenant, avec quelques détails, chacune des parties.

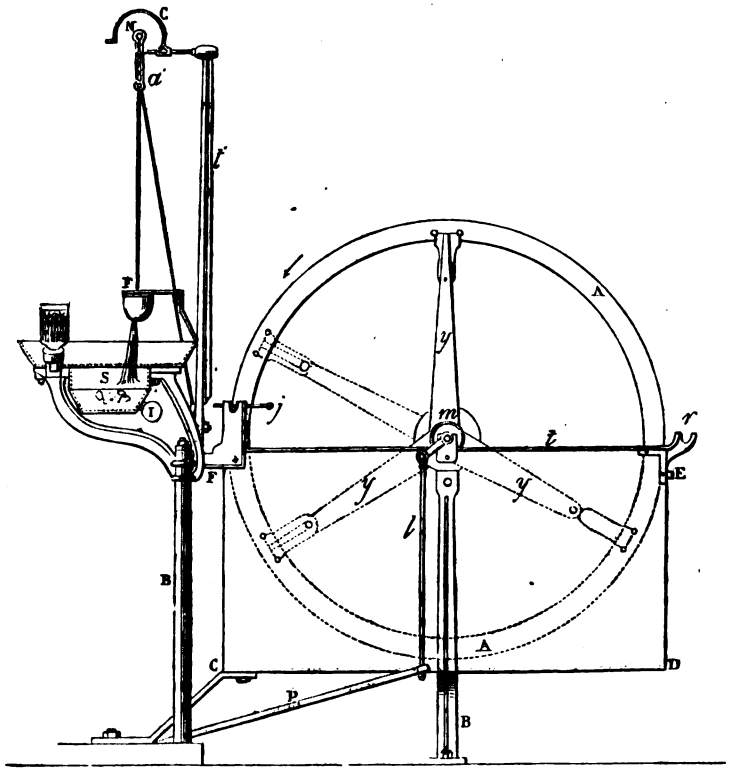
La bassine S est en cuivre étamé : elle reçoit l'eau chaude par le tuyau I, disposé à sa partie inférieure. La brosse *b'*, fixée dans un anneau de la paroi extérieure de la bassine, sert d'essuie-main pour enlever le frison qui pourrait s'attacher aux doigts de la fileuse pendant le travail. La construction de la filière F que l'on voit au-dessus de la bassine, est toute particulière et sans analogie avec celle que nous avions vue jusqu'ici.

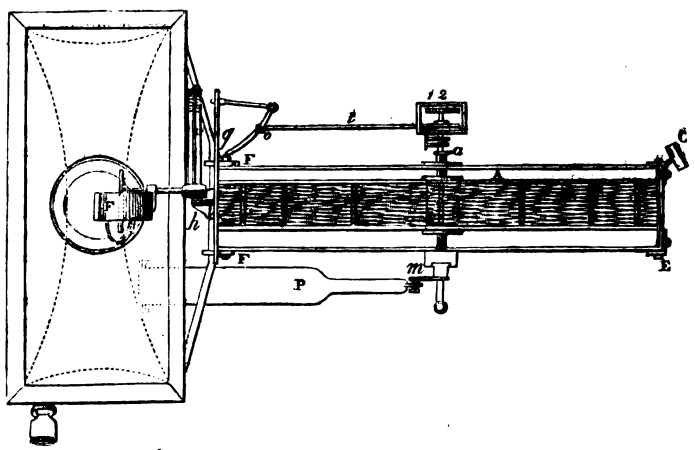
La filière est formée par deux parties, par la courbe concave *z* et par la filière proprement dite *u* (fig. 2294). La courbe *z* sert à disposer le cocon, qui glisse dans la bassine pendant que l'ouvrière retient le brin libre pour le faire passer dans la filière.

Dans le rebord *d* de cette courbe est pratiquée une fente creuse qui établit un petit intervalle entre ce rebord et une plaque en cuivre *p'*, assemblée par dessus comme l'indique la fig. 2294 ; sur cette plaque est percé un orifice ou fente conique. Dans l'épaisseur du rebord de la courbe *z*, se trouve une rainure qui reçoit une lame mince tranchante *u*, indiquée en détail fig. 2295 et 2296. Cette lame ne touche le rebord *p'* qu'à l'orifice de la filière. Enfin, au-dessus de la plaque *p'* et de la filière est disposé un barbin en verre *b'*. On a déjà compris le but de chacune de ces parties. Pour ajouter un brin, la fileuse jette dans la courbe ou espèce de cuillère *z*, le cocon qui se rend dans la bassine, pendant que la fileuse retient dans la main l'extrémité libre du brin qu'elle amène dans la filière F, et tout naturellement autour du barbin *b'*. La partie du brin que l'ouvrière tient à la main se trouve coupée avec une grande netteté par le petit couteau *u*, et le brin est entraîné autour du barbin *b'* par le fil montant, qui n'est jamais exposé à être altéré par un bouchon. Cette addition des nouveaux cocons, et la partie de l'opération que nous venons de décrire, est si rapidement exécutée, qu'il est impossible de la suivre et de comprendre comment

Digitized by Google

2293.





2292.

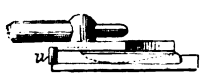
verre *b'*. Il se dirige verticalement pour se croiser entre le petit cylindre en verre *a'* et la bobine en porcelaine N, et redescendre ensuite dans le guide du va-et-vient *c*. La bobine est recouverte d'un chapeau en cuivre *c* pour préserver la fileuse du jaillissement de l'eau. La croisure est exécutée à la main par la fileuse qui donne au bout 4 révolutions pour un fil de 4 à 5 cocons et qui augmente proportionnellement le nombre des tours avec la quantité de cocons qui doit composer le brin. Cette croisure d'un bout sur lui-même évite le défaut grave du mariage, sans présenter les inconvénients qu'on rencontre dans le travail à la tavelle. Les guides *g* du va-et-vient sont formés par l'assemblage de deux petites règles *i*, *i*, en cuivre, recourbées en retour d'équerre. L'assemblage des règles est fait de manière à réserver de I en *h* un intervalle seulement suffisant pour recevoir et guider le fil.

On imprime le mouvement alternatif à la tige *q* du guide par la tringle *t* de l'excentrique E, qui oscille autour de l'articulation *o* supportant le bras *o'* sur lequel glisse la tige *q'*. L'excentrique E est placé sur un axe qui reçoit son mouvement des petites roues 1 et 2 commandées par l'arbre de l'asple. L'inventeur a calculé les mouvements de l'asple et du va-et-vient, de manière à ce qu'une des courses de celui ci correspondît à 2/3 et une fraction de révolution du tour, et que le fil de l'écheveau se disposât en zigzag, comme on le voit fig. 2297.

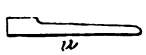
Il résulte de cette disposition que les fils d'un écheveau, après avoir été enlevés du tour, ne sont pas tendus, puisque la longueur du fil pour un tour de l'asple est plus grande que celle de la circonférence développée de ce dernier. On retrouve alors les bouts des brins

elle a lieu, si on n'examine les pièces de la filière démontée.

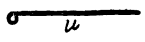
Croisure. La croisure est formée bout sur bout à la sortie de la filière, après que le fil a fait une demi-révolution autour du barbin en



2294.



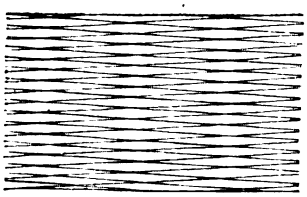
2295.



2296.

Digitized by Google

avec beaucoup plus de facilité. Le système ordinaire ne présente pas cet avantage, parce que la longueur développée d'un tour du fil est à peu près la même que celle de l'asple.



2297.

Le rapport des mouvements de l'asple et du va-et-vient est tel que le bout ne peut revenir occuper le même point sur l'asple qu'après un très grand nombre de révolutions. On a trouvé, en calculant, le chiffre de révolutions de 70.000. Si donc on a commencé le dévidage en un point quelconque du dévidoir, x' par exemple, le fil ne pourra revenir à ce point qu'après 70.000 tours environ de l'asple autour de son axe. Par ces combinaisons le collage du fil replié sur lui-même autour de l'asple est impossible, et l'écheveau est disposé sous la forme d'un réseau parfait, ce qui permet au dévidage de se faire très régulièrement. En résumé ce système diminue les chances de ruptures, remédie aux inconvénients du collage et rend presque nuls les déchets du dévidage.

La forme affectée par les écheveaux provenant des tours Locatelli est très remarquable et suffit pour les faire reconnaître.

Le dévidoir ou asple D est construit par deux cercles en fer étamé *e* qui sont assemblés parallèlement entre eux à une distance égale à la largeur de l'écheveau à former. 16 palettes en cuivre, fixées à distance égale sur la circonférence entre les deux cercles, forment l'assemblage, et les deux cercles sont réunis en trois parties autour d'un croisillon à trois bras *y*. Deux segments des cercles sont assemblés à charnière. Cet assemblage a pour but de pouvoir diminuer le développement des circonférences lorsqu'il faut enlever l'écheveau. A cet effet on a disposé une vis qu'il suffit de desserrer pour que la moindre pression fasse rentrer une portion du cercle, et diminue le développement de la circonférence. Les jonctions à charnières des autres parties de la jante se prêtent à ce mouvement en s'ouvrant. On enlève alors l'écheveau à volonté, après avoir placé l'asple sur la courbe *r*, destinée à lui servir de point d'appui.

Battage et purge des cocons. M. Locatelli attache la plus grande importance au battage des cocons; l'expérience et ses investigations lui ont indiqué que, pour arriver à une purge parfaite avec le moins de déchet possible, il fallait : 1° plonger les cocons un temps déterminé et assez court dans de l'eau dont toute la masse soit en ébullition; 2° abaisser ensuite brusquement, jusqu'à 65° environ, la température de l'eau par l'arrivée d'un jet d'eau froide; 3° battre les cocons à cette température ou plutôt les arroser seulement avec beaucoup de ménagement.

La présence de l'eau bouillante dans le premier moment décolle les brins du frison; la contraction qui s'opère dans le cocon par suite de l'abaissement subit de la température, empêche le maître brin de se décoller, de se mêler et de s'ébouler, ce qui occasionnerait des difficultés et plus de déchets au tirage. Cette espèce de contraction présente de plus l'avantage d'opposer à l'eau une paroi en quelque sorte imperméable, et de préserver ainsi la chrysalide du ramollissement qui serait un inconvénient grave puisqu'il pourrait en résulter une altération de la soie et une diminution dans le rendement. Les précautions à prendre pour l'action mécanique du battage s'expliquent d'elles-mêmes, car si on opérait brutalement sur un fil aussi délié, au lieu d'enlever seulement le frison, on ne manquerait pas de transformer une certaine quantité de soie en frison et d'augmenter par conséquent la quantité du déchet. C'est par ces considérations que M. Locatelli a été amené à fabriquer des petits balais particuliers pour opérer le battage en l'exécutant dans des récipients à part, et à chauffer l'eau directement, sans l'emploi de la vapeur, la vapeur à la pression atmosphérique ne pouvant, d'après l'inventeur, amener l'eau à une température suffisante; mais pour éviter en même temps les inconvénients que présente le chauffage à feu nu, il a établi un fourneau avec une chaudière à eau chaude. Cette chaudière sert au battage des cocons et à l'alimentation de 4 bassines à la fois au, moyen des tuyaux T dont nous avons parlé. Hâtons-nous de dire que la construction du fourneau est telle qu'il ne laisse absolument dégager aucune émanation dans l'atelier. Mais si cet inconvénient se présentait, il n'y aurait rien de plus facile que d'établir une cloison entre le fourneau et les tours qu'il alimente.

Purge. Pour exécuter la purge, on dépose une certaine quantité de cocons dans une espèce de tamis en fil de laiton, qu'on place dans la chaudière remplie jusqu'à une certaine hauteur d'eau en pleine ébullition.

On immerge les cocons en les recouvrant par un couvercle en toile métallique. Au bout d'une minute, on fait arriver l'eau froide pour abaisser la température et on prolonge l'immersion d'une minute encore. On enlève ensuite le couvercle et on commence le battage avec les petits balais dont nous avons parlé plus haut. Ces petits balais, qui sont doubles afin d'en faciliter le nettoyage, sont en racines de chien-dent tissées par longues bandes, qui sont ensuite découpées en bandes plus étroites et de manière à ce que leurs extrémités, qui doivent former les pointes des balais, soient coupées en sifflets et agissent mieux sur les cocons. (Nous regrettons de ne pouvoir décrire en détail la fabrication de ces petits balais, mais nous ne pourrions le faire sans trop nous écarter de notre sujet.)

Le battage s'exécute en prenant par le manche l'un de ces balais doubles chaque main, et en le passant à retour d'équerre sous les cocons et en l'agitant légèrement.

Lorsque les cocons sont battus et purgés, on les dépose dans un plateau de service posé sur une tablette à la portée de la fileuse; on réunit tous les maîtres brins, et on les noue autour d'un bouton placé sur le bord du plateau.

Outre les motifs signalés en faveur de cette manière de préparer les cocons, elle présente les avantages de ne pas salir autant l'eau des bassines, d'éviter les *bassins*, qui sont des cocons percés par l'action du battage; et, en un mot, d'arriver à une purge qui ne laisse rien à désirer. Nous nous sommes assurés bien souvent de ces résultats, en assistant au tirage de cocons de diverses races, qui étaient d'un dévidage très difficile, et cependant l'operation marchait avec la plus grande promptitude et la plus grande facilité; la soie produite était régulière, exempte de bouchons et d'inégalités; elle présentait un éclat remarquable, se tirait jusqu'à la fin, et laissait une chrysalide dure et présentant une enveloppe à peine sensible.

Nous croyons devoir ajouter que les faits par nous avancés peuvent être facilement vérifiés, et qu'ils ont déjà été appréciés, puisque la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, si justement avare de ses récompenses, vient, après trois ans d'examen, d'accorder une médaille d'or à l'inventeur.

Digitized by Google

Cependant le mérite de cette nouvelle machine est encore bien controversé ; son emploi a soulevé bien des oppositions.

Nous allons examiner et discuter les principales objections consignées dans diverses publications.

Voici ce qu'on a dit :

M. Locatelli s'est proposé de produire de la soie grège susceptible d'être cuite et teinte sans avoir été ouvrée, c'est-à-dire sans avoir été doublée et tordue, comme on est obligé de le faire généralement dans l'état actuel des choses, et a complétement échoué.

L'opération est plus coûteuse avec son tour qu'avec les autres; son appareil peut à peine faire 250 grammes de soie par jour, quantité bien inférieure à celle que l'on fait généralement.

La vitesse que le tour Locatelli peut prendre, en ne faisant qu'un écheveau, est compensée par les défectuosités que la soie doit présenter en raison même de cette vitesse. C'est une véritable calamité d'avoir une machine avec laquelle le premier individu venu peut obtenir un produit convenable. Le moyen si ingénieux employé pour remplacer les cocons usés dans le tour Locatelli était connu, et il n'a été que modifié et amélioré par lui.

La force motrice, dans le nouveau système, coûte plus que dans l'ancien.

Le tour Locatelli n'offre d'autre garantie pour obtenir une soie régulière que la sévérité de la surveillance des fileuses.

Il ne peut produire qu'un écheveau à la fois; il ne peut être mû mécaniquement; enfin, il ne fait ni mieux, ni plus, ni à meilleur marché que les tours reconnus bons dans l'état actuel de l'industrie séricicole.

Voici maintenant ce que nous dirons pour répondre à ces différentes objections. Il importe peu à l'industrie de savoir sous quelles préoccupations les améliorations d'une machine ont été tentées. Il lui suffit de constater les résultats, d'étudier et d'apprécier les moyens employés pour y arriver.

Il serait certes prématuré d'avancer que la soie grège produite par le nouveau tour peut être travaillée comme si elle avait été ouvrée et apprêtée. Nous ne pensons pas que l'inventeur lui-même le prétende. Il est cependant juste et vrai de dire qu'il y a un premier pas de fait dans cette voie si délicate et si difficile. Nous avons pu prendre connaissance de plusieurs attestations fournies par les premiers teinturiers de Milan, annonçant qu'ils avaient pu teindre facilement cette soie grège. Nous avons également vu des échantillons d'étoffes tissées avec cette même soie, et à cet égard, l'honorable M. Chevreul, qui a eu sous les yeux les échantillons dont nous parlons, nous permettra d'invoquer son important témoignage.

Quant a l'affirmation faite qu'une fileuse pouvait à peine produire 250 grammes de soie par jour, elle est complétement inexacte. On trouve dans les procès-verbaux régulièrement dressés a Milan, où la nouvelle machine commence à se propager, sur le rendement de toute une campagne, qu'une fileuse ordinaire a produit, moyennement, 382 grammes en cocons de 4 à 5.

De nombreux procès-verbaux que nous avons sous les yeux, délivrés par les premiers industriels en soie d'Italie, attestent que les nouvelles machines ont travaillé pendant trois mois à l'arrière-saison, par conséquent sur des cocons secs, et que le résultat n'a rien laissé à désirer. Le rendement en soie au tirage a été supérieur et le déchet au décreusage inférieur à ceux que présente la soie traitée par la méthode ordinaire.

Voici d'ailleurs un extrait de ces procès-verbaux qui a été publié par les journaux de Milan.

« Avec le produit obtenu à la filature de Nerviana, où nous avons eu dans la campagne passée le rendement très remarquable de 23 onces 1/12e par chaque dix livres grosses de cocons, nous trouvons en faveur du système Locatelli un avantage de 13 livres, c'est-à-dire 3 1/2 p. 100 en soie contre un déchet de 18 livres, c'est à-dire 3 3/5e p. 100 en fusion, lequel déchet se compense en grande partie par le résultat à la teinture, puisque toutes les expériences faites jusqu'à ce jour démontrent que la soie filée avec le système et le battage Locatelli perd de 2 1/4 p. 100 de moins au décreusage que toute autre soie.

« Nous pouvons donc conclure que malgré le produit peu commun que nous avons annoncé avoir fait dans notre filature à Nerviana, nous avons trouvé avec le système Locatelli un avantage de 6 p. 100 en soie produite. Si en outre on considère la perte insignifiante en frison et la différence très légère dans les frais de filature, un tel résultat est certainement digne de considération. »

Les défectuosités que doit présenter la soie provenant du nouveau tour, sont une pure hypothèse; il est facile de s'en convaincre en le voyant travailler et en examinant les produits qu'on en retire. Nous ne pensons pas qu'il soit possible de voir une soie plus ronde, plus nette et plus brillante; et cela se conçoit : la plupart des inégalités et défectuosités viennent ordinairement d'une jonction des brins mal faite et des mariages. Or, par le nouveau système les mariages sont impossibles et tout le monde est d'accord à dire que la manière d'ajouter les brins nouveaux est on ne peut plus prompte et plus sûre. On prétend seulement qu'elle n'est pas neuve. Quoique cela ne change rien aux résultats, disons cependant par esprit de justice que les avantages de ce mode de rattachage proviennent surtout de la construction de la filière, et qu'il nous a été impossible de rien trouver de semblable dans tout ce que l'on a fait jusqu'ici. Nous ne pouvons pas admettre non plus que simplifier le travail d'une industrie soit jamais un malheur.

Nous avons déjà vu pourquoi l'appareil qui nous occupe n'emploie pas la vapeur. Ce serait une erreur de penser que les bassines sont exposées aux inconvénients produits par le chauffage direct, puisque le foyer est complétement séparé des bassines de la soie. Quant à la question économique il est difficile de la résoudre d'une manière satisfaisante par des dissertations.

Les expériences comparatives peuvent seules fournir les données nécessaires à sa solution.

Il en est de même sur la dépense à faire pour mouvoir le tour.

Rien ne s'oppose d'ailleurs à l'emploi d'un moteur quelconque si on y trouvait de l'avantage.

Mais est-il bien rationnel d'affirmer qu'un travail durant au plus un quart de l'année, nécessitant peu de force motrice et forcément disséminé dans nos campagnes, doive être concentré dans de vastes exploitations, desservies par la force motrice de l'eau ou de la vapeur? N'est-il pas sage, moral et avantageux au contraire de maintenir à nos travailleurs de la campagne la seule industrie, pour ainsi dire, qui puisse y être exercée dans des conditions favorables, « sans que l'ouvrier soit soustrait aux joies du foyer domestique, à la paix de la vie des champs, sans que la dignité du père de famille ait à se résigner à des désordres où tout sentiment moral vient s'éteindre, » comme le disait en une autre occasion le célèbre président de la Société d'Encouragement (1).

« Ce ne sont pas seulement les cultivateurs et les propriétaires aisés qui peuvent se livrer à l'éducation des vers à soie, dit un auteur qui s'occupe spécialement de cette question, les plus pauvres habitants des campa-

(1) Discours de M. Dumas, séance générale du 9 juillet 1845.

Digitized by Google

gnes sont encore certains d'y trouver une précieuse ressource ; car c'est un des caractères particuliers de cette industrie de pouvoir se diviser et se fractionner, pour ainsi dire, à l'infini. Il en est de la soie comme d'une manne précieuse dont chacun, suivant ses forces et son travail, est appelé à recueillir sa part. »

Le reproche que l'on faisait au tour de ne produire qu'un écheveau à la fois n'a plus besoin d'être réfuté. L'inventeur en effet, bien qu'il pense qu'on peut arriver à des résultats aussi économiques en tirant un écheveau qu'en en tirant deux, s'est cependant rendu aux désirs qu'on lui a manifestés, et dispose maintenant ses tours de façon à produire un ou deux écheveaux à volonté et avec la même facilité.

Il n'est pas bien démontré enfin que le nouveau tour avec ses accessoires soit sensiblement plus cher que les anciens avec le générateur, mais cette différence existerait-elle, elle se trouverait compensée par la perfection de la construction du tour nouveau qui n'exige aucun entretien, et par sa durée.

Peut-on maintenant soutenir qu'un appareil qui ne présente aucun des inconvénients qu'on lui reproche, qui de plus offre des dispositions d'un avantage incontestable et incontesté dans lequel on a su combiner la marche du travail d'après les données que l'on considère comme les plus favorables, ne soit pas appelé à rendre de véritables services ?

Il importe que l'industrie séricicole en France ne reste pas stationnaire, car elle se verrait bientôt dépasser par les industries étrangères, dont les progrès peuvent faire prévoir une concurrence redoutable. Or, la France ne peut maintenir sa supériorité dans cette spécialité que par l'amélioration des conditions économiques de toutes les parties qui concourent à la production de la soie et le maintien de la perfection de ses produits. Si dans quelques-uns des perfectionnements ont été réalisés, il en est d'autres qui laissent encore un champ vaste ouvert au progrès.

Le tirage de la soie est de ce nombre. La machine qui procurerait à l'industrie un accroissement dans la production aurait rendu un immense service au pays.

La machine Locatelli peut-elle prétendre à ce résultat?

Quelque favorables que paraissent les renseignements fournis par les industriels italiens, ils ne peuvent suffire pour faire juger complétement l'appareil nouveau, et pour nous permettre de trancher la question. Pour apprécier l'utilité du système Locatelli, il est nécessaire que des expériences comparatives, faites sur une grande échelle, fournissent des résultats certains et déterminés ; car on sait que la quantité de soie contenue dans les cocons varie considérablement, non seulement avec les races, mais aussi avec les individus d'une même race. Il ne suffit donc pas de dire qu'un poids déterminé de cocons a donné telle quantité de soie, pour pouvoir estimer le rendement d'une manière absolue, et si l'on veut se prononcer sur la part réelle que la machine peut avoir à l'augmentation du rendement, il importe de fixer à l'avance le rapport du poids de la matière sérique à celle de la chrysalide. Dans l'intérêt même de la vérité et de notre industrie nationale, nous appelons de tous nos vœux l'attention de l'administration supérieure ou des sociétés savantes sur le système Locatelli. Il appartient à la Société d'Encouragement, qui a déjà donné son approbation aux ingénieux travaux de l'inventeur, d'éclairer complétement la question, en déterminant d'une manière incontestable les résultats qu'on peut obtenir des différents systemes en présence.

Préparation de la bourre. Les déchets de soie qui ne peuvent se travailler d'une manière continue sont de plusieurs sortes ; la première et la meilleure provient des cocons qui ont été percés et des déchets qui sont faits au moulinage.

On a pu voir aussi que malgré les soins apportés au tirage des cocons, il y avait toujours un déchet. La bourrette et le frison que forment les premières couches du cocon, et l'enveloppe mince qui reste autour de la chrysalide après le tirage, ne peuvent jamais être retirés par le tour, et servir aux mêmes usages que la soie en fil continu. Ces déchets se présentent en masses pelotonnées et collées par la gomme de la soie. Pour en tirer parti, il faut procéder à leur dégommage, ce qui s'opère, en général, en les faisant macérer dans de l'eau pendant un temps suffisant pour dissoudre la gomme. On procède ensuite à des pressages réitérés pour faire sortir l'eau gommée. Après avoir fait sécher la matière, elle est préparée par des battages mécaniques qui sont suivis d'un peignage ou d'un cardage, suivant que les filaments qu'on obtient sont longs ou courts, suivant aussi les usages de l'établissement.

Les déchets ainsi préparés peuvent être filés comme le sont les matières textiles en général ; ce sont les fils résultant de ces déchets de soie qu'on connaît sous le nom de *bourre de soie* ou fantaisie. Ces fils, fatigués au travail, présentent nécessairement moins de solidité, et surtout un aspect beaucoup plus duveteux, qui diminue sensiblement l'éclat de la soie et lui donne une apparence cotonneuse, ce qui en réduit également la valeur. Le travail de ces déchets est généralement exécuté dans les maisons de détention, à cause du bas prix de la main-d'œuvre, et laisse considérablement à désirer sous tous les rapports. Il est évident qu'on pourrait mieux utiliser ces matières qu'on ne le fait, et en obtenir du fil d'une valeur supérieure. Les pressages et battages ne peuvent convenir à un corps de la nature de la soie. La chimie parviendra sans doute à trouver un moyen pour mettre facilement tous les frisons collés en liberté sans les altérer ; il sera possible alors de les préparer plus convenablement.

Cette question, dont quelques industriels s'occupent, mérite de fixer l'attention de tous les hommes compétents, sa solution complète pouvant avoir une grande importance, non seulement parce qu'on parviendrait à mieux utiliser un déchet précieux à notre propre industrie, mais aussi parce qu'on pourrait tirer un parti avantageux des déchets considérables de ce genre des cocons qui nous viennent des Indes, où ils sont chargés pour lester les bâtiments, et sont vendus ensuite à vil prix en Europe.

La chrysalide, après avoir été entièrement dépouillée de la matière soyeuse, peut être employée comme un excellent engrais, si on a soin de la mélanger à d'autres ; sans cela elle donnerait une odeur très désagréable aux produits du sol qu'elle aurait formés. Les Chinois l'utilisent aussi comme aliment pour les hommes et la volaille. Ils s'en servent également pour des préparations pharmaceutiques.

Moulinage de la soie.

Dans l'état actuel de l'industrie séricicole, la soie grége formée, comme on le voit, par la réunion de brins élémentaires chargés de gomme, et qui ne sont, pour ainsi dire, que collés ensemble, ne peut servir à aucun usage sans avoir été doublée et surtout tordue. Les doublages et les torsions ont pour but d'augmenter la résistance des fils, et d'empêcher les brins constituants de se décoller, de se diviser lors de la cuite, du dégommage ou du décreusage qui en rendrait le dévidage ultérieur impossible (1).

(1) Il y a cependant quelques heureux essais de faits pour parvenir à disposer les fils de la soie grége, de manière à leur faire supporter la cuite. Un essai de ce genre, fait par M. Teissier, a été couronné par la Société d'encouragement. Nous avons vu que M. Locatelli avait également obtenu des résultats favorables ; mais aucun des moyens proposés n'est encore imité sur une grande échelle.

Digitized by Google

Les différentes opérations de dévidage, de doublage et de torsion qu'on fait subir à la soie grége pour la transformer en fils propres à être décreusés et employés au tissage, sont comprises dans la spécialité qui a été désignée sous le nom de *moulinage*.

Le moulinage, qui constitue une des préparations fondamentales de la soie, comprend quatre opérations qui sont :

1° Le dévidage des écheveaux de la soie grége sur des bobines;

2° La torsion imprimée séparément à chaque fil des bobines;

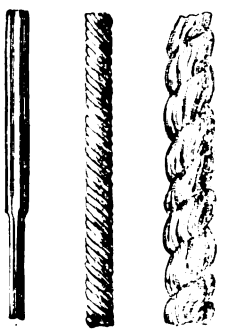
3° Le doublage de deux des fils précédents réunis ensemble par une nouvelle torsion, et leur dévidage sur des bobines;

4° La réunion, par la torsion, de deux ou d'un plus grand nombre de fils obtenus par l'opération précédente, leur dévidage sur des guindres pour les transformer de nouveau en écheveaux. Par la seconde opération que nous venons de mentionner, et qu'on nomme quelquefois premier tors ou premier apprêt, on obtient un fil qui est désigné sous le nom de *poil*.

Le fil résultant de la troisième porte le nom de trame.

La quatrième, qu'on désigne quelquefois par deuxième tors ou deuxième apprêt, et qui produit les fils les plus doublés et des plus tordus, a pour objet la formation des chaînes, les tissus, qui ont reçu le nom d'organsins (1).

Les fig. 2298, 2299 et 2300, présentent, sur une échelle considérablement augmentée, la première la forme la plus ordinaire d'un fil grége : l'extrémité la plus uniforme représente le fil le mieux préparé; la seconde, d'un fil de trame, et la troisième d'un organsin.



2298. 2299. 2300.

Ces diverses opérations étant pratiquées par des espèces de moulins tournants, la spécialité qui les comprend a tiré de là son nom.

Le moulinage peut donc être considéré comme un filage sans étirage, et être assimilé au retordage ordinaire de fils qui ne constitue qu'une opération secondaire dans le travail de la plupart des autres matières filamenteuses.

On a cependant en tous temps attaché, avec raison, une grande importance au moulinage des soies, et cela se conçoit, les considérations que nous avons fait valoir en parlant de la torsion en général étant également applicables ici. On doit d'autant moins les perdre de vue qu'il s'agit de la matière la plus précieuse. Il est nécessaire de se rappeler que non seulement une torsion trop grande énerve la matière en occasionnant un travail inutile, mais aussi que cette opération diminue le brillant, ce qui est un inconvénient, surtout pour des fils auxquels on cherche à conserver autant que possible leur éclat.

Autrefois, lorsque l'industrie était régie par des règlements, ils fixaient le nombre de tours par unité de longueur que les mouliniers devaient donner aux différentes espèces de soies destinées à former des fils de trame ou de chaîne. L'exécution de ces règlements eût pu être favorable à l'industrie s'ils eussent pu prévoir les nombreux cas qui peuvent se présenter et fournir une formule générale applicable à chaque cas particulier. Comme il n'en était certes pas ainsi, ces règlements ont plutôt entravé que fait avancer le progrès. En effet, le moulinier a tout intérêt à ne pas dépasser un certain degré de torsion, et son expérience et son intérêt sur ce point sont un guide plus sûr que les règlements. Il n'a pas non plus intérêt à donner une torsion insuffisante, puisque la soie se livre au poids plutôt qu'à la longueur. Le raccourcissement resultant de la torsion ne peut donc pas lui causer de dommage. Aussi l'organsinage s'est-il perfectionné peu à peu depuis que chaque industriel a été libre de travailler comme il le jugeait convenable. Ce progrès a été très lent cependant; ce n'est guère que depuis quelques années qu'on a commencé à diversifier l'ouvraison des soies suivant les genres de tissus auxquels on la destine. Cette manière de procéder a été reconnue d'une telle utilité qu'il s'est formé des établissements adonnés spécialement à chaque genre.

Mais si les règlements dont nous avons cru devoir dire un mot renfermaient des dispositions défavorables au progrès de l'industrie, ils imposaient, en revanche, des obligations qui devaient mettre le commerce des soieries à l'abri des actes de mauvaise foi dont nos grands centres industriels souffrent aujourd'hui. Ils déterminaient avec soin les distinctions à faire entre les différentes qualités de soie, l'état de pureté dans lequel elles devaient être livrées, et la longueur des asples, des dévidoirs, afin qu'on ne produisît que des écheveaux d'une mesure uniforme et déterminée. On a été obligé de revenir peu à peu à ces sages prescriptions, en les modifiant, pour les mettre en harmonie avec les connaissances et les exigences de l'industrie de notre époque. L'établissement du conditionnement des soies est aujourd'hui une institution d'utilité publique. Les efforts que l'on fait pour arriver à ne livrer que de la soie dévidée sur des asples à *tours* comptés et présentant tous la même circonférence, et recevant le même nombre de révolutions pour former l'écheveau, dérivent de la même tendance. Enfin, le moyen le plus efficace proposé par M. Arnaud pour éviter les soustractions frauduleuses de la soie, connues sous le nom de *piquage d'onces*, et l'utile association qui s'est formée à Lyon pour propager ce moyen, se proposent également, d'une manière plus en harmonie avec notre état social, le but moral et les heureux résultats que les anciens règlements voulaient atteindre. Nous aurons à revenir sur chacun de ces moyens après avoir décrit les opérations du moulinage. Si les opérations de l'organsinage sont dirigées avec plus de soins et d'intelligence depuis quelque temps, les machines employées à ce travail sont restées à peu près ce qu'elles étaient au dernier siècle. Aucune spécialité industrielle n'est demeurée aussi étrangère au progrès mécanique. Nous savons que, malgré cela, nos soies moulinées sont estimées. Mais en obtenant ce résultat par des machines perfectionnées, on ferait mieux, avec plus de régularité, on produirait davantage en économisant de la force, et par conséquent à meilleur marché : on serait sûr alors de maintenir notre supériorité sur la concurrence étrangère. Un jour viendra où peut-être la force des choses amènera les améliorations que nous désirons; mais on aura peut-être à regretter de ne pas les avoir introduites plus tôt. Nous allons passer successivement aux descriptions des machines employées dans les moulinages français et anglais. Il sera facile de reconnaître la supériorité de nos voisins sur ce point.

Premier dévidage. Ce dévidage a surtout pour but de nettoyer la soie, de rattacher les fils rompus, d'enlever les bouts et les inégalités pour obtenir un fil aussi homogène et aussi régulier que possible. Cette opéra-

(1) Ce nom vient de l'italien et veut dire tordre. C'est par cette raison qu'on désigne quelquefois les opérations de moulinage sous le nom d'organsinage.

Digitized by Google

tion occasionne nécessairement un déchet variable avec l'état de pureté et la qualité de la soie. Il est rarement au-dessous de 2 p. 100 pour les soies de bonne qualité; il s'élève souvent jusqu'à 8 p. 100 pour les soies inférieures de nos pays, et peut aller de 30 à 50 p. 100 lorsqu'on traite des soies exotiques, qui ont été produites grossièrement et sans soin.

Deuxième dévidage pour l'organsinage. Lorsqu'on veut produire de l'organsin, après avoir tordu les fils séparément et les avoir disposés en écheveaux, on transforme les écheveaux en bobines; c'est donc un nouveau dévidage à opérer. Cette opération sert à doubler, tripler, quadrupler, etc., les fils suivant l'usage auquel on les destine; le second dévidage n'offre rien de particulier.

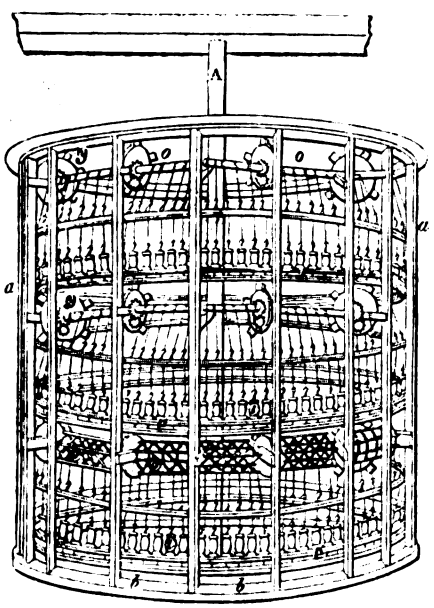
Ce sont les fils des bobines précédemment tordus qu'on transporte sur d'autres bobines. Dans leur trajet de l'une à l'autre, les fils sont de nouveau purgés en passant entre deux guides garnis de draps, qui les frottent pour les débarrasser de toute impureté.

Moulin rond. On emploie depuis un temps immémorial deux autres systèmes de moulins à tordre, connus sous le nom de moulin rond et de moulin ovale, à cause de la disposition donnée aux bobines autour de ces machines. Quelques mots vont suffire pour faire comprendre ces anciens systèmes fort compliqués par des moyens de commandes surannés, mais très simples, quant au principe qui leur sert de base. La fig. 2301 donne l'élévation d'un moulin rond vu en perspective; les fuseaux ici sont disposés circulairement sur plusieurs rangs ou étages en hauteur. Dans l'étage le plus élevé au-dessus de la première rangée des fuseaux, des petites bobines en bois disposées horizontalement sur des baguettes, et destinées à recevoir le fil des fuseaux au-dessus des rangées de fuseaux inférieurs, se trouvent des asples *s* pour recueillir les fils de ces fuseaux. Les rangées supérieures ont pour but de donner le premier tors ou premier apprêt. Les rangées inférieures sont dévidées sur des asples, servant au second apprêt, et par conséquent à l'organsin.

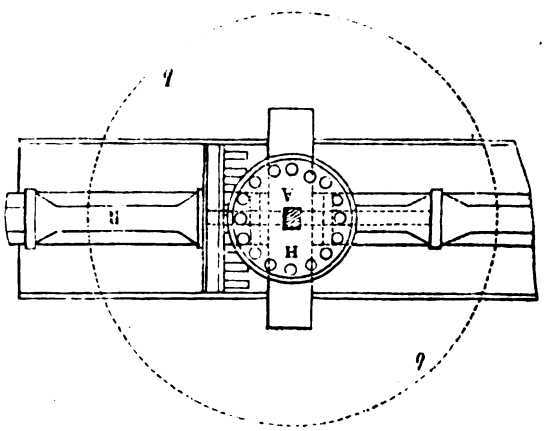
Il y a un bâti général composé de montants verticaux réunis ensemble par des cercles en bois *b*, *b*. Au milieu de ce vaste système se trouve un arbre vertical principal A (fig. 2302), commandé à sa partie inférieure par une roue à cheville H H, mue par une roue-lanterne L, qui reçoit son impulsion par l'arbre de commande du moteur.

C'est sur l'arbre vertical A que l'on prend ensuite les différentes transmissions intérieures pour commander : 1° une courroie qui enveloppe les renflements de tous les fuseaux. Cette courroie reçoit son impulsion par l'extrémité des rayons qui partent du centre de l'arbre, et fait tourner le fuseau par le frottement qu'elle exerce; 2° les mouvements des bobines supérieures, des guindres inférieurs, sont imprimés par les commandes *a* et *y*. Cette énonciation suffit pour faire comprendre qu'il est impossible qu'il y ait uniformité de mouvement entre les bobines commandées directement, et d'une manière indépendante par des rouages et les fuseaux, auxquels le mouvement est communiqué par le passage alternatif des bras et le frottement inévitablement irrégulier des courroies; et cependant l'harmonie entre ces mouvements est une condition essentielle pour produire un bon travail. L'ensemble de cette communication de mouvement, par sa complication inutile, la grossièreté de sa construction, rappellent involontairement l'ancienne et célèbre machine de Marly. Nos lecteurs qui désireraient avoir plus de détails sur cette machine, la trouveront décrite bien amplement dans l'*Encyclopédie méthodique*, publiée en 1786.

Moulin ovale. Le moulin ovale est presque aussi ancien et plus en usage encore que le précédent; il y a des moulins à simple et à double rang de bobines. La fig. 2303 donne une partie de l'élévation de face d'un moulin ovale à double rangée de bobines et la fig. 2304 en donne le plan. Les deux rangées de bobines sont disposées l'une au-dessus de l'autre, comme l'indiquent les figures, et suivant la courbe elliptique indiquée dans le plan. La rangée supérieure occupe une périphérie de la courbe moindre que celle qu'occupe le rang inférieur. Le mouvement est encore imprimé aux bobines par des courroies; *y* et *z* représentent ces courroies, se dirigeant d'une poulie horizontale P mue par la commande générale du moteur, qui donne son impulsion à la manivelle M, sur les broches des bobines. Ces courroies sont tendues, guidées, et dirigées dans leur parcours par les rouleaux verticaux de tension *x*, *x*. Ces rouleaux peuvent changer de place pour tendre plus ou moins les



2301.

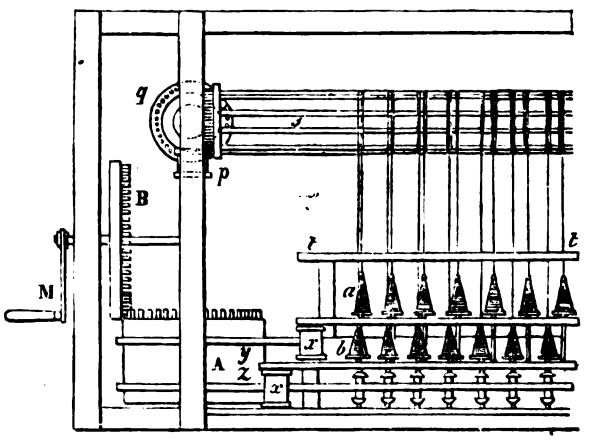


2302.

Digitized by Google

courroies. L'inspection de la figure suffit pour faire comprendre le reste des mouvements. Les asples *s* sont commandés de chaque côté par les roues L, L, recevant elles-mêmes le mouvement de l'arbre *r*, sur lequel se trouve une troisième roue semblable *q*, commandée par un pignon P. Ce pignon est fixé sur un arbre vertical *v*, mû par la roue horizontale A, qui engrène avec la roue B, à laquelle l'arbre de la manivelle M communique directement le mouvement.

2303.



1° De proportionner la vitesse de rotation des fuseaux au renvidage qui se fait sur les bobines, de façon que celles-ci prissent la même quantité de fils à chaque révolution des fuseaux, quoique ceux-ci diminuent, et que les bobines augmentent de diamètre à chaque révolution.

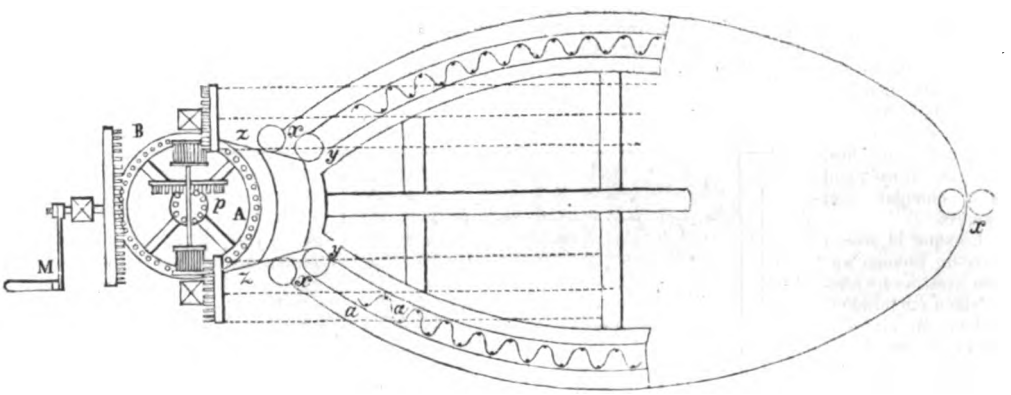
2° Eviter, pour varier le degré de tension, le changement des rouages que nécessitaient les anciens moulins.

3° Donner un mouvement de va-et-vient aux guides des fils, afin d'obtenir un renvidage uniforme, ce qui n'avait pas lieu pour les anciens moulins.

Les conceptions mécaniques si nettes et si claires de Vaucanson ne pouvant être trop reproduites, nous donnons un extrait de son Mémoire adressé à l'Académie des Sciences, en 1751, et dans lequel il indique comment il a résolu ce problème.

Les fuseaux sont placés sur deux lignes droites et parallèles, qui peuvent avoir 10, 20 ou 30 pieds de longueur, suivant la grandeur du lieu.

On peut mettre plusieurs rangs de fuseaux sur la hauteur du moulin, suivant que le bâtiment est plus ou moins élevé. Tous les fuseaux de chaque rang sont mis en mouvement par une chaîne sans fin *a*, dont les maillons engrènent avec un petit pignon que porte la tige de chaque fuseau, de façon que, dans le temps que le premier mobile qui conduit les chaînes a fait une révolution,



2304.

Ce que la commande de ces machines, et surtout le moyen de faire tourner les fuseaux des broches, offre de défectueux ne pouvait échapper à Vaucanson. Il remarque que le frottement d'une courroie sur les broches des bobines, quelle que soit la forme du moulin à retordre, ne peut jamais produire une torsion égale. Pour obvier à cet inconvénient, il imagina la chaîne connue sous son nom; mais comme cette chaîne, pour rendre l'effet que l'inventeur en attendait, devait être d'une exécution parfaite, et que tous les chaînons, qui peuvent être considérés comme des dents d'une crémaillère, devaient être très égaux entre eux; il inventa en même temps une machine pour construire les chaînes elles-mêmes.

La machine de Vaucanson eut peu de succès; il serait difficile d'en donner un motif sérieux, car la mécanique, de nos jours, n'a rien produit de plus rationnel et de plus pratique. On va en juger.

Le célèbre ingénieur s'était posé la solution du problème dans les termes suivants :

tous les fuseaux du moulin en font un nombre déterminé, et ce nombre est aussi invariable que le serait celui des révolutions d'un pignon qui engrènerait avec une roue dentée ordinaire.

Les bobines y reçoivent leur mouvement par le même mobile que les fuseaux, mais avec cette différence que leur vitesse diminue à mesure qu'elles se remplissent de soie, toutes les fois que le va-et-vient, par son mouvement de retour, a distribué le fil de soie sur toute la bobine; sa circonférence ou son volume se trouve augmenté de la grosseur de ce même fil. C'est aussi à chaque mouvement du va-et-vient que s'opère la diminution de vitesse des bobines, et cela dans la même raison de la grosseur du fil. S'il faut que le fil de soie soit distribué cent mille fois par le va-et-vient sur toute la longueur de la bobine pour la remplir entièrement, chaque mouvement de va-et-vient fait diminuer la vitesse de la bobine d'un cent millième; si la soie est d'un quart plus grosse, la vitesse en est diminuée d'un soixante-quinze millième; si elle est

Digitized by Google

plus grosse de moitié, la vitesse est diminuée d'un cinquante millième; enfin, toutes ces différences de diminution peuvent opérer par degré à chaque mouvement du va-et-vient, et toujours proportionnellement aux différentes grosseurs de soie. Le va-et-vient n'y reçoit pas son mouvement par une manivelle; mais il est produit par la révolution d'une portion de cercle denté, qui engrène alternativement avec des crémaillères, ce qui rend la vitesse très uniforme, au moyen de quoi tous les pas de l'hélice, formés par le fil de soie sur la bobine, se trouvent parfaitement égaux entre eux et dans tous les temps, soit que les bobines soient vides ou pleines, au quart ou à la moitié; elles tirent toujours à chaque tour qu'elles font une même longueur de soie, pendant que les fuseaux ont tous fait un même nombre de révolutions, d'où il résulte une soie toujours également apprêtée, c'est-à-dire toujours également tordue dans toutes ses parties.

Le plan du moulin forme un parallélogramme de 16 pieds de long sur 15 pouces de large; outre que cette forme est beaucoup plus avantageuse pour le service du moulin, qui se trouve partout éclairé, elle épargne la moitié du terrain.

La construction est beaucoup plus légère; elle est entièrement dégagée de toutes ces grosses masses et de ces longues pièces de bois, qui se dejettent considérablement, et qui dérangent toujours la forme des moulins; tous les mouvements y sont fort libres; il n'y a pas la moitié des frottements qui se trouvent dans les moulins ordinaires : aussi ne faut-il qu'une très petite force pour le faire mouvoir.

Le travail du moulin s'y fait beaucoup plus commodément. Quand il faut augmenter ou diminuer l'apprêt, on est obligé, dans un moulin ordinaire, de changer soixante et douze pignons. Un seul suffit dans le moulin nouveau pour augmenter ou diminuer la vitesse de toutes les bobines, et par conséquent pour changer tout l'apprêt.

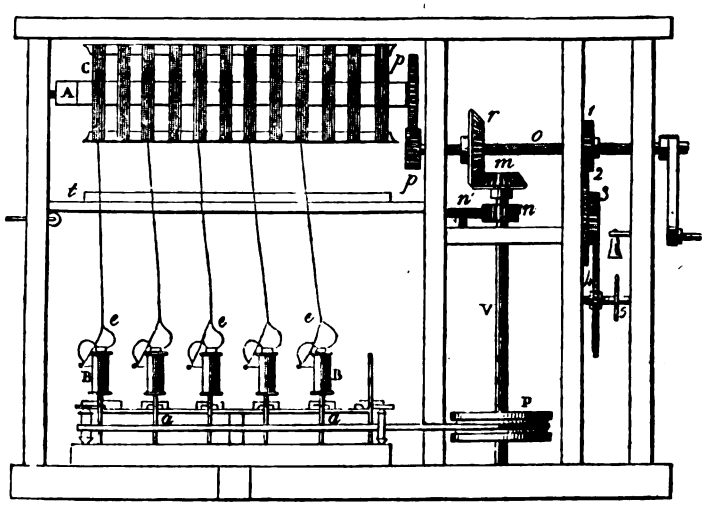
Lorsque la soie a reçu un premier apprêt, c'est-à-dire lorsqu'elle a été tordue à un bout, on joint plusieurs de ces bouts ensemble, qu'on dévide à la main sur de nouvelles bobines, qui sont ensuite portées sur un autre moulin pour tordre chaque fil double ou triple à contre-sens du premier, et le faire monter en écheveau sur un guindre. La fig. 2305 représente un guindre : on donne ce nom aux moulins de second apprêt, que l'on fait mouvoir plus communément avec une courroie sans fin qui embrasse tous les fuseaux. On voit que la courroie fait tourner les fuseaux avec moins d'irrégularité que les maillons de la chaîne, parce qu'elle appuie continuellement sur eux et ne les abandonne jamais, au lieu que les maillons ne viennent les toucher que par intervalles.

Mais quand on observe ce mouvement avec quelque attention, on voit que, pour peu que la courroie soit plus ou moins tendue, la vitesse des fuseaux est plus ou moins grande, et que, s'ils ne sont pas disposés sur un cercle parfait, ceux qui sont plus en dedans sont moins pressés par la courroie, et tournent par conséquent plus lentement que ceux qui sont plus en dehors. Ainsi, on peut, sans se tromper de beaucoup, regarder les révolutions des fuseaux, dans ces moulins, comme étant aussi inégales que celles des fuseaux dans le moulin du premier apprêt.

La soie, au lieu de monter de dessus les fuseaux sur des bobines, comme dans le moulin du premier apprêt, monte ici sur des guindres. Ces guindres sont des espèces de dévidoirs ou chevalets composés de quatre lames de bois de 3 pieds environ de longueur attachées vers leurs extrémités sur deux croisillons montés sur un même arbre. Le pourtour de ces chevalets ou guindres a environ 26 pouces.

Chaque fil de soie, qui se trouve double ou triple dans ce moulin, est conduit sur ces guindres par une petite boucle de fer fixe et s'y dévide en écheveaux. Quand l'ouvrier juge que l'écheveau est assez gros, il en fait la *capieuse*, c'est-à-dire qu'il casse le fil montant pour le plier autour de l'écheveau qui vient d'être achevé; il fait ensuite glisser cet écheveau de côté pour donner place à un autre, qui ne peut se former que vis-à-vis la petite boucle de fer qui conduit le fil de soie; et comme tous les écheveaux se trouvent faits à peu près dans le même temps, l'ouvrier répète la même opération sur tous les autres en faisant le tour du moulin. Il résulte trois grands inconvénients de cette méthode.

Premièrement, le fil de soie, qui est conduit sur le guindre par une boucle immobile, s'y dévide toujours au même endroit, et forme un écheveau en talus fort étroit et fort épais, parce que les fils de soie, montant toujours l'un sur l'autre, font des tours qui augmentent continuellement de grandeur, au point que les derniers ont 18 ou 24 lignes de plus que les premiers. Or, quand ces écheveaux se trouvent entre les deux chevilles du teinturier ou du lustrage, il faut que la soie des plus petits tours s'écorche ou se casse pour que l'action de la cheville arrive jusqu'aux plus grands. Cela occasionne un déchet très considérable dans le dévidage de ces soies; beaucoup de perte de temps à l'ouvrier, parce qu'il en emploie presque toujours au-



2305.

Digitized by Google

tant à rechanger les fils cassés ou écorchés qu'à fabriquer l'étoffe ; ce qui l'engage souvent à savonner ou à falsifier sa soie pour la faire couler plus aisément, et enfin beaucoup de pertes au fabricant, qui se trouve, en outre, avoir une étoffe beaucoup moins bonne et beaucoup moins belle.

Le second inconvénient, qui résulte de la méthode, est que la grosseur de tous les écheveaux n'est jamais la même, puisqu'elle dépend toujours du plus ou moins d'attention de l'ouvrier. Les écheveaux devraient tous être petits et bien égaux ; mais comme le moulin va ordinairement jour et nuit, il arrive que ceux qui se font pendant la nuit sont le double plus gros que ceux qui sont faits pendant le jour, ce qui dépend de l'heure à laquelle on a copié le soir.

Le troisième inconvenient vient de ce que l'écheveau se faisant toujours à la même place sur le guindre pour faire place à un autre écheveau, quand le temps est humide ou pluvieux, les lames en bois du guindre se trouvent considérablement enflées, et on a toutes les peines du monde à faire glisser l'écheveau, et ce n'est ordinairement qu'aux dépens de quantité de fils cassés ou écorchés qu'on en vient à bout.

Ces inconvénients ont été prévus et ont été tous évités dans le nouveau moulin pour le dernier apprêt ; les révolutions des fuseaux y sont toutes aussi régulières et toutes aussi constantes que dans le moulin du premier apprêt, puisque le mécanisme est absolument le même à cet egard ; la soie y monte en écheveaux sur des guindres ; mais tous les fils y sont conduits par des boucles ou guides attachés sur des tringles, qui ont un petit mouvement d'allée et venue, et qui promènent insensiblement chaque fil de soie sur le guindre, et lui font former un écheveau de 10 lignes de large sur un quart de ligne d'épaisseur.

Quand les guindres ont fait deux mille quatre cents révolutions, et que chaque écheveau se trouve avoir deux mille quatre cents tours, il part, sans qu'on touche au moulin, une détente qui fait subitement reculer les tringles où sont attachés les guindres, ce qui fait changer de place à tous les fils de soie qui viennent former un nouvel écheveau à côté du premier. Après deux mille quatre cents autres révolutions, la détente part de nouveau, et tous les fils de soie se trouvent encore dans une nouvelle place pour former un troisième écheveau, ce qui se répète constamment jusqu'à ce que tous les guindres se trouvent couverts d'écheveaux. Incontinent après le dernier tour du dernier écheveau, le moulin s'arrête de lui-même, et avertit l'ouvrier par une sonnette de lever les guindres qui sont pleins et d'en remettre de vides.

On sent aisément que moyennant cette nouvelle manière, les écheveaux faits sur ces moulins sont tous de la même grosseur, puisqu'ils ont tous exactement 2.400 tours ; que les premiers et les derniers tours de chaque écheveau sont à très peu de chose près de la même longueur, puisque tous les écheveaux n'ont qu'un quart de ligne d'épaisseur ; qu'il n'est plus besoin de faire passer chaque écheveau sur le guindre pour faire place au suivant, puisque sans toucher au moulin les fils de soie changent eux-mêmes de place, et viennent former des écheveaux les uns à côté des autres, jusqu'à ce que les guindres soient entièrement couverts. Il est bien vrai qu'on est obligé de changer plus souvent de guindres, parce que la largeur des écheveaux et la petite distance qui les sépare ne permettent pas qu'il y en entre autant que par la manière ordinaire, mais le temps que l'on emploie à changer plus souvent de guindres, se trouve bien regagné par celui qu'on emploie ordinairement aux copieuses ; ils ne se font point ici sur le moulin. On a bien plus de facilité lorsque le guindre en a été ôté ; on le fait beaucoup mieux et on y perd moins de soie. On trouve d'ailleurs un avantage bien considérable sur la main-d'œuvre, puisque une femme peut fort à son aise servir quatre de ces machines, tandis qu'il faut un homme très agile et très adroit pour en servir une à l'ordinaire. Enfin, il est facile de concevoir que les soies qui, apres avoir été tirées de la coque avec soin, seront montées sur ces nouveaux moulins y recevront un tors parfaitement égal dans toutes leurs parties, soit dans le premier, soit dans le second apprêt ; que ces soies ne seront plus si maltraitées à la teinture et au lustrage ; qu'elles seront plus aisées à travailler sur le métier, et qu'il en résultera des étoffes beaucoup meilleures, plus belles, et fabriquées en beaucoup moins de temps.

Moulin à dévider. Lorsque la soie a été ouvrée, il est nécessaire de la dévider de nouveau pour la disposer sous forme d'écheveaux, composés eux-mêmes d'échevettes ou flottes séparées. Ce nouveau dévidage est indispensable pour pratiquer sur la soie les opérations de la cuite, du décreusage, de la teinture. On emploie en France, depuis une dizaine d'annees, avec assez de succès, un moulin à dévider qui a été imaginé par M. Belly, de Lyon. La fig. 2307 présente une vue horizontale du moulin, prise au-dessus des guindres. Ce moulin étant circulaire, on n'a représenté que la moitié de la machine, l'autre moitié étant symétrique.

La fig. 2306 est une élévation de la machine.

Elle se compose d'une table ronde *p*, supportée par un bâti sous forme de T, dont on voit un pied en *c*. Les guindres à dévider se trouvent disposés en un certain nombre, ordinairement au nombre de 16, autour de la table comme on le voit en *rr*. Les guindres sont assemblés à leur partie inférieure dans les poignées à charnières, qui leur permettent de s'incliner.

Les roquetins qui doivent recevoir la soie des guindres pour la transformer en bobines, sont disposés dans des poupées sur le champ de la table, tout autour de sa circonférence, en un nombre égal à celui des guindres. Ces roquets ont un mouvement circulaire autour de leur axe. Ce mouvement leur est transmis par des poulies *z z*, dont les axes ont leurs extrémités placées entre deux pointes fixées dans des poupées dévidées *a x*. Une des extrémités des broches des roquets est garnie de drap, et vient s'appuyer contre une face de la poulie disposée obliquement. Le frottement qui en résulte, lorsqu'on donne l'impulsion aux poulies, fait tourner les roquets ; on peut augmenter ou diminuer plus ou moins le frottement, en serrant ou desserrant les petites vis que porte le système.

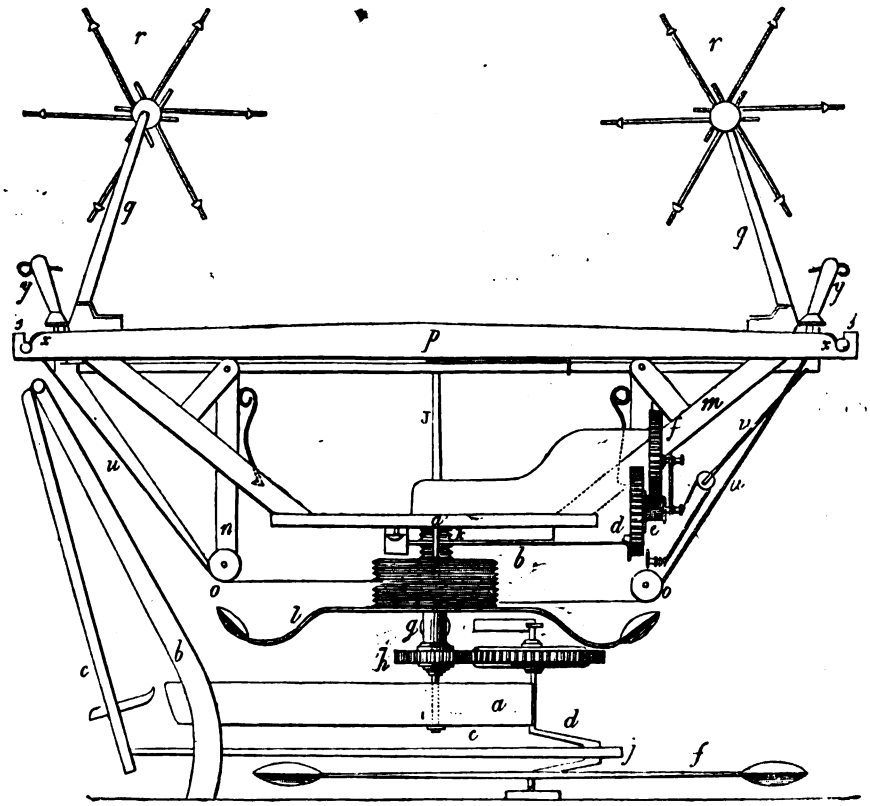
Les fils, pour passer des guindres sur les roquets, traversent les barbins *y*.

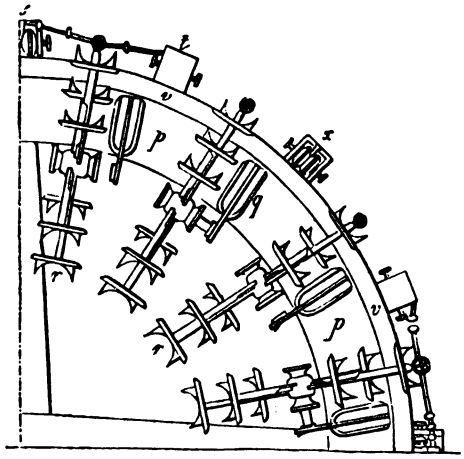
La fig. 2306 fait comprendre comment le mouvement est imprimé aux différentes parties. Au pied du moulin se trouve une manivelle *d*, attachée à une bielle *y*, qui est mise en mouvement par la tige à charniere *e*, à la partie inférieure de laquelle elle est fixée. Pour imprimer le mouvement, l'ouvrière qui est assise devant la machine pose un pied sur la pièce oscillante de la tige à articulation *c*, qui peut prendre alors la position indiquée en lignes ponctuées sur l'axe de la manivelle ; au-dessous d'elle on a placé un croisillon de trois bras, terminés chacun par une lentille pesante. Ce croisillon remplit les fonctions de volant. Au côté opposé du croisillon la manivelle porte sur son axe la roue *e*, engrenant avec le pignon *h*, disposé sur le canon vertical *g*, qui repose à sa partie inférieure dans un pivot de la traverse *a* du bâti, et à sa partie supérieure dans un cercle qui forme la base des montants *m* du bâti. Le canon *g* porte une poulie *i*, munie de huit gorges, et à laquelle est fixé un second croisillon à lentilles *l l*. Au-dessus de la poulie *i*, sur le même canon D, est une vis sans fin *k*, qui engrène avec une roue *a*, dont l'axe *b* communique le mouvement d'un pignon c'. Le pignon c' transmet successivement la vitesse aux roues *d' c' f'*.

Digitized by Google

Un cordon attaché à cette dernière va passer sur une petite poulie à laquelle est lié le cordon o, qui enveloppe la poulie z des roquets, et retourne se fixer par son autre extrémité autour d'une des gorges de la poulie i, en passant sur des poulies de tension o, qui portent les bras à articulation. La table de la machine peut tourner autour de l'arbre vertical z, afin que l'ouvrière puisse amener devant elle au besoin, et sans les déranger, les roquets dont les fils se seraient cassés. Ces pièces donnent le mouvement de va-et-vient à un cercle du même diamètre que celui de la table p, tournant sur des roues de friction et portant des tubes de verre placés en face de chaque guindre, comme c'est lors des différentes opérations qui suivent l'organsinage, surtout lors du décreusage et de la teinture qu'ont lieu les soustractions frauduleuses. On a souvent proposé, pour les éviter, de former des écheveaux d'une même longueur déterminée, lors du dernier dévidage, comme cela a lieu pour les autres fils en général, et de diviser les écheveaux en un certain nombre de parties ou échevettes. Afin de faciliter au besoin la vérification de la longueur, lorsque la soie rentre de la teinture, plusieurs mécaniciens ou industriels ont proposé des dévidoirs dans ce but.

2306.





2307.

Dévidoir de Guilléni. Une des machines qui ont été le plus appréciées et récompensées, est le dévidoir de M. Guilléni, qu'il a nommé compteur ou régulateur transposant, et qui a été décrit avec soin dans le Bulletin de la Société d'Encouragement. Ce dévidoir, une fois mis en mouvement, produit des écheveaux d'une égale longueur, au moyen d'un compteur disposé pour le faire arrêter dès que l'écheveau est arrivé au nombre de tours voulu, qui forme ordinairement une longueur de 3,000^{m}.

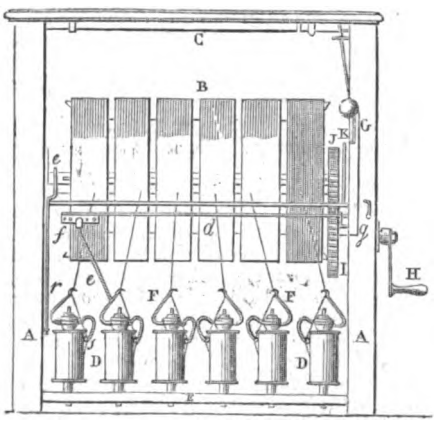
Le fil est légèrement et convenablement croisé dans l'écheveau, ce qui est, comme nous l'avons déjà signalé, une condition essentielle pour faciliter les dévidages ultérieurs. La division en échevettes a lieu par

Digitized by Google

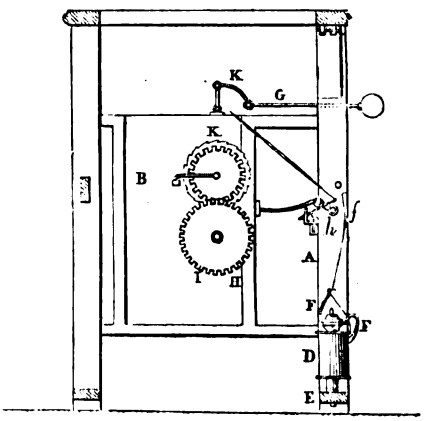
un mécanisme, pendant le dévidage, sans qu'on ait besoin d'arrêter le dévidoir. Enfin, si un fil venait à casser pendant l'opération, l'effet de la rupture arrête le mouvement du dévidoir.

La fig. 2309 donne une élévation longitudinale de la machine. La fig. 2308 est un plan vu en dessus. La figure 2310 est une section verticale du mécanisme disposé dans l'intérieur et du côté droit du bâti, et qui sert à arrêter le mouvement en cas de rupture du fil. La fig. 2311 donne une vue de côté de la communication de mouvement de va-et-vient. Comme toutes les machines de ce genre sont à peu près composées des éléments que nous avons eu à décrire déjà, nous pensons pouvoir nous borner à indiquer simultanément les pièces dont se compose celle-ci et leurs fonctions.

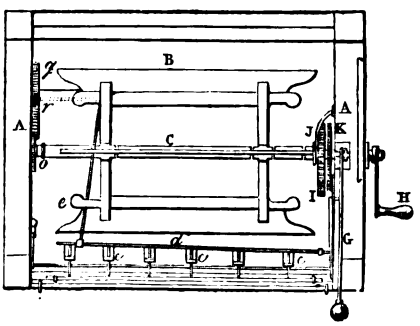
Des bobines D, chargées de soie, on fait passer le fil dans l'ailette F, et de là sur une traverse *f*, garnie d'une baguette de verre, puis le fil s'infléchit pour passer dans un barbin en se rendant sur les guindres. Lorsqu'on fait tourner la manivelle H des guindres, les fils se croisent sur les écheveaux par un mouvement de va-et-vient que les barbins leur communiquent. Les mouvements des barbins et leur rapport avec celui du guindre est établi de la manière suivante : l'arbre C du guindre porte une roue *o*, engrenant avec la roue *p* qui, à son tour, communique sa vitesse à la roue *q*. A cette dernière est attachée excentriquement une tringle *r* qui monte et descend pendant le mouvement de rotation du guindre. Cette tringle est réunie à un bras de levier horizontal *s*, auquel est fixée la tige *e* communiquant le mouvement au patin *f* de la tringle *porte-barbin d*, alternatif dans une coulisse et un petit galet *g* disposé à cet effet. Ces barbins ont la forme indiquée fig. 2312 et



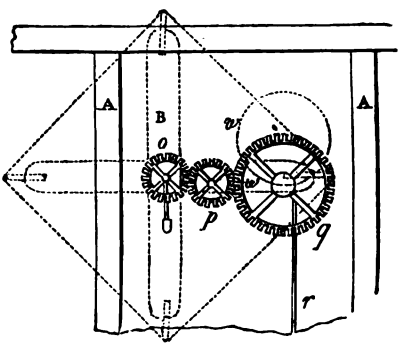
2309.



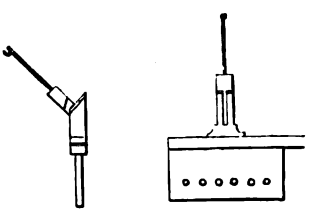
2310.



2308.



2311.



2312. 2313.

Digitized by Google

2313; ils sont à charnières et se ploient lorsqu'ils ne sont plus soutenus par le fil. L'arrêt instantané du dévidoir, lorsqu'un fil se rompt, est opéré de la manière suivante :

Aussitôt que le fil casse, le barbin, qui n'est plus soutenu, s'abat et tombe sur un petit châssis *h* qui règne sur toute la longueur de la machine. Ce châssis, en basculant par l'effet de la boule dont il est chargé, engage le levier horizontal *i* qui fait corps avec le châssis dans les dents. Ce levier *i* fait reculer une détente *j*, pressée par un ressort, et qui soutient le levier d'embrayage *c*. Celui-ci, étant dégagé, s'abat par les effets du poids de la boule qu'il porte, et prend la position inclinée. Il lève en basculant le patin *h*, et fait agir un mécanisme qu'on voit fig. 2310. Ce mécanisme se compose d'un levier coudé *l*, mobile sur son centre *m*, et armé, à son extrémité inférieure, d'une fourchette qui embrasse le canon de la roue à rochet K. Lorsque la pièce *n* agit sur le levier, il s'écarte du haut, fait reculer le rochet et le dégage des ergots de la roue 5. Cette roue étant libre tourne sur l'axe L, qu'elle n'entraîne plus avec elle, et le métier s'arrête. Le fil étant rattaché, l'ouvrier relève la bascule *e*, et toutes les pièces qui correspondent reprennent leur mouvement. Nous avons dit que le mécanisme disposait de lui-même successivement, sur le guindre, les écheveaux en échevettes parallèles entre elles, en ménageant entre elles un certain espace vide : cela s'exécute au moyen d'un compteur placé en dehors du bâti, et que les figures n'indiquent pas. Sur l'axe *o* est monté un pignon fixé sur une barre mobile. Ce pignon engrène avec deux autres roues qui communiquent à un échappement. Ce dernier agit sur une pièce, ou espèce de bec, qui opère le déplacement de l'échevette. Il résulte de la disposition du mécanisme : 1° qu'après 3,000 révolutions du guindre, la combinaison des engrenages du compteur fait remonter la barre *o*, *o*, comme le montrent les lignes ponctuées; alors la tige *r*, parcourant un plus long espace qu'il n'est nécessaire pour la croisure des fils, transmet le mouvement à la tringle *e*, qui fait passer le barbin de la flotte achevée à celle qu'on doit commencer; 2° au moment où la flotte est terminée, le mouvement du guindre est arrêté de la manière indiquée précédemment. Soit que le dévidage d'écheveaux à tours comptés ait présenté quelques difficultés réelles, soit que les dévidoirs proposés n'aient pas rempli toutes les conditions qu'on en désirait, soit qu'ils n'aient pas présenté assez de garantie à cause de l'allongement que la soie gagne à la teinture, ou enfin qu'il ait été impossible de vaincre les usages reçus, il n'en est pas moins vrai que son emploi ne peut être considéré que comme une exception. Il faut avouer, d'un autre côté, qu'il ne peut mettre à l'abri des soustractions qui ont lieu pour une matière que le teinturier reçoit et rend au poids; car on sait que la soie perd une quantité considérable, moyennement 30 p. 100, de corps étrangers par le décreusage, qu'il faut effectuer avant la teinture; et qu'elle gagne, au contraire, un poids assez notable par l'addition de la matière colorante qui donne jusqu'à 80 p. 100 de surcharge. Ces causes de variations du poids brut de la soie présentent des changements continuels. Pour les éviter, on avait cherché à déterminer d'un côté la perte que les diverses soies du commerce devaient subir au décreusage, et de l'autre l'augmentation qu'elles pourraient acquérir par l'addition des matières tinctoriales. Mais il est difficile de faire ces appréciations d'une manière assez exacte pour tous les cas qui peuvent se présenter, à moins que de faire chaque fois une opération chimique assez longue et onéreuse, et même elle ne pourrait toujours constater des falsifications que l'on peut faire subir à la matière colorante en y ajoutant des matières étrangères de peu de valeur pour augmenter la densité de la soie, ce qui cause une double perte : celle provenant de la soustraction et celle occasionnée par les défectuosités qui résultent de cette coupable manœuvre. Il a donc fallu avoir recours à des moyens plus sûrs, plus prompts et plus faciles à la fois : M. Arnault de Lyon est parvenu à résoudre ce problème si difficile et si important de la manière la plus heureuse.

Pour comprendre le procédé, il faut savoir que la soie envoyée à la teinture par le fabricant est disposée par paquets pesant environ 1k,50 chacun; que ces paquets sont divisés en 20 parties ou *mains*; chaque main est divisée en quatre *pantines*, et chaque pantine est formée de 2, 3, 4 écheveaux ou flottes. Les flottes, les pantines, les mains et les écheveaux sont séparés par des liens qui maintiennent convenablement les fils pendant les opérations de la teinture pour les empêcher de se mêler et de présenter des difficultés lors du dévidage ultérieur.

Le procédé Arnault consiste à se servir, pour les mains et les pantines, de liens différant entre eux par leur nature, leur couleur ou leur contexture. Après avoir fait ces liens et avoir pesé la masse, le fabricant choisit une main dont il pèse chacune des quatre pantines avec une exactitude de 1/10e de gramme près; il pèse ensuite avec le plus grand soin le poids de la main, c'est-à-dire des quatre pantines réunies, comme vérification. Il note exactement ces poids et les pantines sur lesquelles il a opéré avant de livrer à la teinture. Lorsque la soie lui est rendue par le teinturier, le fabricant pèse de nouveau de la même manière les parties et la masse. Supposons, pour fixer les idées, que le poids de la main après le teinturier soit égal à 1, si le fabricant a livré 100 mains, elles devront peser 100. Si le poids est sensiblement plus grand ou plus petit que 100, il y a eu fraude; si ce poids est plus grand, c'est une preuve que la soustraction a eu lieu sur la main qui a servi pour faire la vérification; si le poids de la masse est plus petit, c'est une preuve qu'il y a eu soustraction d'une partie de la masse.

On voit que le procédé n'est complétement efficace qu'autant qu'il n'y aurait pas une égale soustraction sur chaque main et chaque pantine, ce qui est pour ainsi dire impossible. Les soustractions n'ont jamais lieu que par portions; aussi le moyen de M. Arnault offre-t-il toute la sécurité désirable, surtout si l'on s'astreint à opérer minutieusement sur les pantines. Ce procédé a paru présenter de tels avantages aux villes de Lyon et de Saint-Etienne qu'une société, composée par les industriels les plus honorables de la localité, s'est constituée dans le but d'exploiter le procédé Arnault. Cette compagnie a pris le nom de Société de garantie contre le piquage d'once. Le jury central de la dernière exposition s'exprime de la manière suivante sur le procédé de M. Arnault :

« Malgré la simplicité, l'économie, et surtout à cause de l'efficacité de son procédé, il a fallu à cet artisan honorable douze ans de lutte énergique contre l'indifférence, les préventions et les coupables manœuvres des intérêts qu'il venait attaquer. »

Et plus loin, le rapport ajoute :

« Depuis un an seulement, à l'époque de l'organisation de la Société de garantie contre le piquage d'once, Arnault reçut d'elle une rémunération, et cependant le brevet qui lui garantit la propriété de son procédé expire dans deux ans. Le jury croit faire un acte de haute justice en décernant à Jean Arnault la médaille d'or.

« Il désire que l'éclat de cette récompense contribue à la propagation de son procédé dans toutes les fabriques de France. »

CONDITION DES SOIES. Il ne suffit pas de se mettre à l'abri du piquage d'once pour éviter toutes les causes de falsification ou d'erreur qui peuvent se présenter

Digitized by Google

dans les transactions du commerce de la soie. On sait en effet que la soie est un corps très hygrométrique, et peut absorber de 10 à 30 p. 100 de son poids d'eau.

Aussi, la plupart des pays pour lesquels le commerce de la soie a quelque importance, se sont-ils préoccupés de la recherche d'un moyen qui puisse mettre les transactions commerciales à l'abri des erreurs provenant de cette variation. Dès 1750, la ville de Turin possédait un établissement ou plutôt un séchoir destiné à amener toutes les soies sur lesquelles on opérait à un degré de siccité uniforme. A Lyon et à Saint-Etienne, cet exemple fut suivi dans des maisons particulières. Ce ne fut qu'en 1805 qu'un décret institua un établissement public et unique pour chacune des villes de Lyon et de Saint-Étienne. La direction de ces établissements fut confiée aux administrations locales, qui durent subvenir aux frais, et furent autorisées à en percevoir les revenus. Ces établissements reçurent le nom de *conditions*, et la dessiccation qu'on fait subir aux soies celui de conditionnement.

Les moyens employés dans ces premiers établissements pour arriver au but qu'on se proposait étaient défectueux; on ne tarda pas à s'en apercevoir. La soie, à l'instant de la vente, était portée dans des salles de la condition pour y être exposée à une température de 18° à 20° Réaumur, pendant 24 heures lorsque c'était de l'organsin, et 48 lorsque c'était de la trame.

La soie pour trame et les écheveaux d'organsin, étaient étalés sur des tiroirs en toile metallique. Les soies ainsi disposées étaient placées dans de grandes cases grillées, fermées par un scellé, disposées dans les salles dont la température était élevée à 18° ou 20° Réaumur par des poêles ou fourneaux.

On constatait le poids des ballots avant et après leur dessiccation. Le second poids obtenu devenait le poids marchand, d'après lequel le vendeur devait livrer la soie. Lorsqu'on opérait sur de la trame, on ne faisait jamais subir qu'une seule épreuve à la soie. Le poids obtenu après une première exposition à la condition, devenait le poids légal. Lorsqu'on opérait au contraire sur de l'organsin, on renouvelait le séchage pendant 24 heures, si la matière avait perdu plus de 2 1/2 et moins de 11/2 p. 100, et on prolongeait l'opération pendant 48 heures lorsque la perte dépassait ce dernier chiffre, et après ce dernier séchage on formait le poids du commerce. Ce mode d'opérer ne pouvait remédier à une foule d'inconvénients et d'irrégularités qui se présentaient avec les variations atmosphériques et le plus ou moins d'encombrement des salles de l'établissement. Lorsque le vent soufflait et que le temps était sec, la dessiccation était considérable et les épreuves avaient besoin d'être renouvelées; par des temps humides les effets contraires avaient lieu. Dans le premier cas le vendeur se plaignait, dans le second la perte était pour l'acheteur. L'exposition relative des ballots dans la salle avait également une influence sur les variations que présentaient les poids de la soie. Comme il était impossible d'avoir une température constante dans tous les points de l'établissement à cause des portes, des fenêtres, et que l'état hygrométrique y variait également avec la plus ou moins grande quantité de soies et l'état dans lequel elles se trouvaient, etc., il en résultait souvent que des soies provenant des mêmes sources, travaillées de la même maniere, presentant la même qualité et conditionnées simultanement, offraient entre elles des variations considérables. Cela dépendait uniquement de leur disposition dans la salle et de leur voisinage des portes ou de soies humides. Le renouvellement des épreuves dont les durées étaient déterminées, ne pouvait offrir aucune garantie, puisque les causes d'irrégularité étaient, pour ainsi dire, permanentes. Il a été prouvé que des soies, que la condition considérait comme parfaitement sèches, contenaient encore une quantité notable près de 10 p. 100 d'eau.

L'ancien mode de conditionnement présentait donc de graves inconvénients qui n'étaient même pas rachetés par la promptitude de l'opération et l'économie des manipulations, puisqu'on faisait subir le séchage à toute la masse. Le service était au contraire long, compliqué et pénible, puisqu'il fallait opérer sur des ballots entiers, prolonger quelquefois leur séjour assez longtemps pour causer une perte d'intérêt sensible, et les employés étaient obligés de séjourner dans une atmosphère sèche et malsaine. C'est donc avec juste raison que ce système avait soulevé des réclamations et rassurait si peu les acheteurs, qu'ils attendaient autant que possible le vent du nord et un temps sec pour faire leurs achats. Il en résultait alors, dans la condition, une accumulation de soies qui entravait et ralentissait la marche des opérations, et qui fournissait une source d'humidité sur laquelle l'acheteur n'avait pas compté.

La chambre du commerce de Lyon, qui avait reconnu depuis longtemps les vices du mode de conditionnement dont nous venons de parler, après avoir fait vainement un appel aux savants et aux hommes spéciaux pour trouver un moyen sûr et facile d'opérer la condition, chargea, en 1831, M. Léon Talabot de l'étude de cette importante question qu'il résolut bientôt de la manière la plus complète. Près de dix années se sont écoulées en essais et en expérimentations pour constater d'une manière authentique les résultats et la valeur du nouveau système d'après lequel est construite la condition actuelle de la ville de Lyon, qui a été instituée comme établissement d'utilité publique par une ordonnance royale en date du mois d'avril 1843.

Le système de M. Talabot est aussi simple que sûr. Au lieu de chercher à enlever par le séchage la masse d'humidité contenue dans la soie, comme on prétendait le faire par l'ancien procédé, M. Talabot a cherché à déterminer quelle quantité absolue d'humidité renfermaient les soies à conditionner. Pour cela il soumet la soie à une dessiccation complète en l'exposant à une température de 102° à 103° centigrades. Des pesées faites avant et après cette dessiccation donnent le poids brut de la soie, le poids perdu après le séchage et par conséquent la quantité d'humidité que contenait la soie et par suite le poids absolu de la soie entièrement sèche. Mais au lieu d'opérer sur toute la masse à conditionner, il suffit de faire subir la dessiccation à quelques écheveaux comme échantillons, et en déduire ensuite la quantité d'humidité de la masse par une règle de proportion.

A la condition publique de Lyon, on procède de la manière suivante :

On constate d'abord le poids brut du ballot, c'est-à-dire le poids de la soie et de son enveloppe; on pèse ensuite cette dernière pour la défalquer du poids brut afin d'avoir le poids exact ou poids net de la soie. On extrait de cette soie un certain nombre d'écheveaux, souvent au nombre de trente, d'autant de places différentes du ballot. On divise ces écheveaux ou échantillons en trois lots qu'on pèse immédiatement avec le plus grand soin. On dessèche ensuite d'une manière absolue deux de ces lots dans des appareils différents. La concordance parfaite que les deux résultats doivent offrir sert comme moyen de contrôler l'exactitude des balances des appareils et les soins que les employés apportent à l'opération. Le lot mis en réserve ne sert qu'autant que l'on trouverait une différence de 1/2 p. 100 dans le résultat de la dessiccation des deux premiers : alors on renouvellerait l'opération avec le troisième.

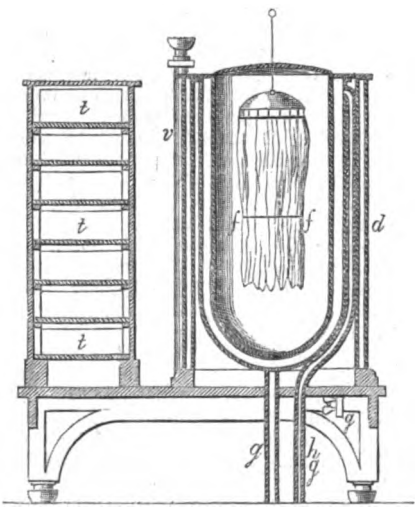
Lorsqu'on a constaté la concordance parfaite dans la dessiccation des deux échantillons, on en déduit facile-

Digitized by Google

ment le poids absolu de la soie du ballot. En effet le poids des deux lots, avant leur dessiccation complète, est à leur poids complétement desséché comme le poids net du ballot qui a été constaté est à son poids absolu, qui est le seul terme inconnu de la proportion (1). Quel que soit donc l'état de la soie lors de la vente, l'acheteur sait exactement, par une étiquette de la condition, la quantité réelle de soie sur laquelle il doit compter.

Les ventes ne sont cependant pas basées sur le poids absolu de la soie; on a cru convenable d'y ajouter un certain poids de tolérance, tant pour représenter la quantité d'humidité qu'elle contient à la température ordinaire et dans son état normal, que pour faciliter le passage de l'ancien au nouveau système de conditionnement; on a jugé convenable d'ajouter au poids absolu, trouvé après la dessiccation complète, 11 p. 100 de ce poids comme équivalant moyennement à la quantité d'humidité que le commerce admet dans ses transactions, mais bien sur cette quantité augmentée de 11 p. 100. Cette manière d'opérer ne présente plus aucun inconvénient, puisqu'elle établit des conditions connues et égales pour tous.

Nous avons donné la coupe (fig. 2314) de l'appareil de dessiccation de M. Talabot tel qu'il fonctionne à la condition de Lyon.



2314.

L'appareil se compose : 1° d'un casier A B formé par sept tiroirs dont les six inférieurs de 2 à 7 servent à recevoir les échantillons, et le septième contient la collection des poids et les petites pinces qui servent à manier les poids. Ces tiroirs portent des numéros d'ordre indiquant les appareils auxquels ils appartiennent; 2° d'un cylindre fermé à sa partie inférieure seulement, destiné à recevoir les écheveaux à dessécher. Ce cylindre métallique est garni par une double enveloppe formant un espace vide autour de lui et qui reçoit la vapeur du générateur par le tuyau *o*. Afin de maintenir la température, on recouvre le cylindre par une cloche cylindrique en cuivre dont les parois entrent dans les coulisses réservées dans l'épaisseur du cylindre. La partie supérieure de la cloche est tournée et disposée pour recevoir le couvercle qui peut s'ôter à volonté lorsqu'on veut introduire la soie. La fente que l'on remarque dans le couvercle, sert à livrer passage à une tige attachée au fléau d'une balance.

Les tuyaux inférieurs servent l'un à amener la vapeur, et l'autre à l'écoulement de l'eau de condensation. Ils sont fermés ou ouverts à volonté par des robinets. Tout l'appareil est solidement fixé sur le support en fonte. Après avoir fait les premières pesées sur le ballot et les échantillons, on accroche ces derniers, comme l'indique la fig. 2314. On les lie à la partie inférieure pour les empêcher de toucher les parois du cylindre. On lâche la vapeur dans l'appareil, et on ouvre un robinet qui se trouve à sa partie supérieure, pour laisser dégager l'humidité de la soie. Lorsque l'appareil est arrivé à une température de 108°, on ferme le robinet et on laisse les échantillons jusqu'à ce que la balance n'indique plus la moindre variation; on constate alors le poids de ces échantillons et on ne les retire qu'après, afin que le pesage ait lieu avant que la soie n'ait pu absorber de nouveau l'humidité de l'air.

Des expériences positives ont démontré qu'à la température de 108° la soie ne contenait plus aucune trace d'humidité; que cette haute température n'avait cependant pas la moindre influence fâcheuse sur la ténacité ni l'élasticité de la soie qui ne prenait pas moins bien les couleurs les plus délicates.

Si à ces considérations on ajoute que l'opération a lieu promptement, que l'on peut vendre le ballot à conditionner pendant que l'on opère sur les échantillons, on comprendra que le problème a été résolu sans rien laisser à désirer et que l'établissement de Lyon sera bientôt imité, non seulement dans nos villes de France, mais dans tous les pays étrangers qui font le commerce de la soie, ce qui pourra considérablement faciliter les transactions d'un pays à l'autre.

MOULINAGE ANGLAIS. Les Anglais, qui n'ont introduit chez eux le moulinage des soies que dans ces derniers temps, n'ont pas jugé convenable de copier les machines employées au même travail dans les pays auxquels ils allaient faire concurrence. Ils ont pensé avec juste raison qu'on pouvait construire des machines plus perfectionnées susceptibles de produire à meilleur marché; ils n'ont pas reculé devant les premiers sacrifices à faire qui devaient être supportés par de vastes établissements. Le travail de la soie n'est exécuté en effet que sur une grande échelle chez nos voisins et avec des soies grèges qu'ils tirent de l'étranger, de l'Italie et de la France, et en partie de leurs vastes colonies qui font tous les jours de nouveaux progrès et qui sont loin d'avoir atteint le but auquel elles peuvent rationnellement prétendre. Et cependant pour certains articles de soieries, et notamment pour les foulards et beaucoup d'articles unis, il nous est impossible de produire aux mêmes conditions que les Anglais. Que sera-ce donc lorsqu'ils parviendront à travailler seulement d'une manière passable l'énorme quantité de soies en cocons que leur fournissent les Indes et dont ils savent si peu tirer parti dans l'état actuel de leur industrie séricicole? Nous ne pouvons dissimuler tous les efforts et toutes les recherches qui se font en ce moment pour arriver à améliorer cette production. Il est probable qu'ils y arriveront, comme ils ont réussi pour l'organsinage. Arrivons maintenant à la description des machines qu'ils emploient dans cette dernière spécialité.

La fig. 2315 représente une vue de côté et la figure 2316 la vue de face d'un dévidoir à la tavelle.

La machine se compose du bâti incliné B D qui sert de support à toutes les pièces. Ce bâti porte au milieu

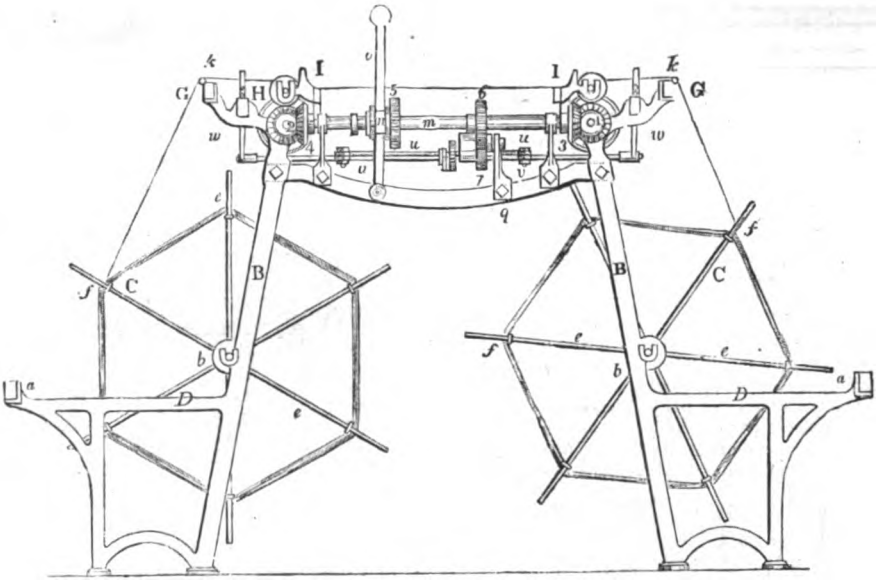
(1) Soit p le poids des échantillons avant leur dessiccation,
p' le poids des échantillons après leur dessiccation,
P le poids net de la soie des ballots,
x le poids absolu de la soie du ballot, on aura :

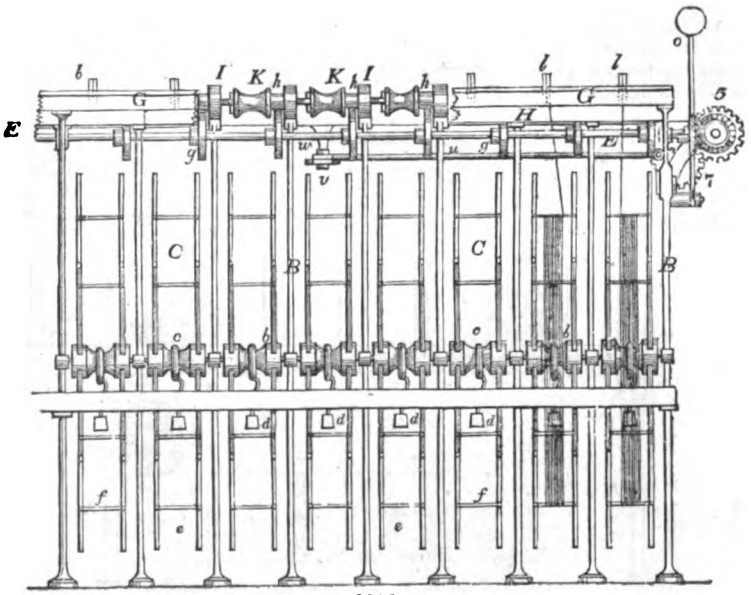
$$p : p' :: P : x.$$

Digitized by Google

des pieds inclinés B des coussinets en cuivre pour recevoir l'axe léger des guindres C. Ces guindres sont formés par deux croisillons de six bras réunis parallèlement entre eux par de petites traverses ou palettes *t*, *t*. On donne ainsi aux guindres une forme hexagonale représentée en profil (fig. 2315). L'anneau *c*, placé au milieu de chaque guindre, et auquel est suspendu le petit poids *d*, sert à fixer le guindre à son axe.

2315.





2316.

Les fils *f*, *f*, sont dirigés sur les cylindres en verre supportés par une barre G, d'où chacun d'eux passe entre deux plaques également en verre, qui sont adaptées à la tige H. On voit (fig. 2317) une partie de ces plaques, l'autre partie étant enlevée pour démasquer les pièces qui se trouvent derrière.

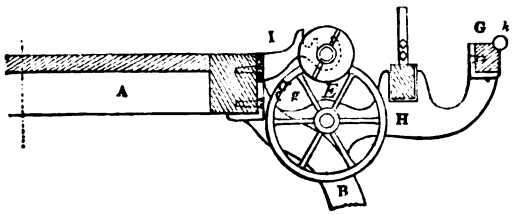
La tige H est douée d'un mouvement de va-et-vient pour disposer les fils convenablement sur les bobines K. Le cylindre *h* en verre sert à nettoyer et à purger la soie, et les plaques *l*, *l*, ont pour but de continuer la purge et de faire casser le fil s'il présentait un bouchon ou autre défectuosité. L'ouvrière enlève alors la bobine K, la place dans une encoche qui, à cet effet, est réservée pour son axe dans le bâti, ce qui évite d'arrêter toute la machine. La traverse que l'on remarque à la partie inférieure du bâti BD, sert à préserver les écheveaux des genoux des ouvrières.

Les dévidoirs de ce genre ont ordinairement une longueur aussi grande que l'emplacement le permet, et sont commandés en général par une machine à vapeur qui transmet le mouvement à un arbre parallèle à l'arbre E. Ce dernier est mis en mouvement ou arrêté par la poulie 5, qui porte un manchon d'embrayage *n*, manœuvré par la tige *o*. La roue 6 qui se trouve également sur l'arbre E engrène avec la roue 7 qui porte un excentrique pour donner le mouvement à la tige H du va-et-vient du fil. A chaque extrémité de l'arbre E se trouvent deux paires de roues coniques 1 et 2 et 3 et 4, qui transmettent le mouvement aux arbres E disposés pa-

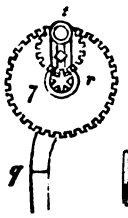
Digitized by Google

rallèlement à chaque côté du dévidoir pour commander les bobines K. Cet arbre porte autant de petites poulies *r* (fig. 2318 et 2320), et fait par conséquent mouvoir ces dernières par le frottement de roulement qu'elles exercent.

On a donné un diamètre assez grand aux bobines, afin que les variations de grandeur des circonférences par le renvidage fussent moins sensibles. C'est dans le même but qu'on change également les bobines avant qu'elles ne soient pleines.



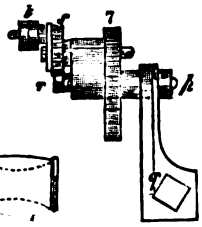
2317.



2318.



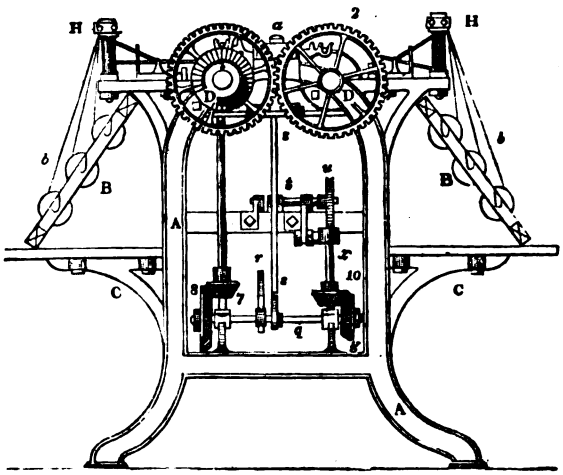
2319.



2320.

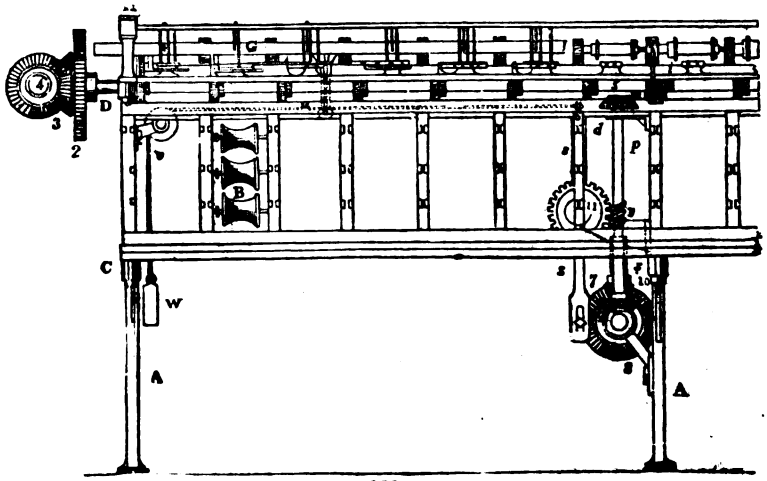
La fig. 2321 représente la vue de côté, et la fig. 2322 la vue de face d'un dévidoir à doubler et à tripler les fils suivant la force qu'on veut leur donner. Cette machine présente beaucoup d'analogie avec la précédente. Elle n'en diffère que par une modification qui a pour but d'arrêter le mouvement lorsqu'un des fils doubles vient à casser, et par l'absence des guindres remplacés par des bobines, puisqu'il s'agit de doubler ou détripler les fils produits sur les bobines du dévidoir employé dans l'opération précédente.

On a supposé dans les fig. 2321 et 2322 que la machine est montée pour réunir trois fils grèges. B, B, représentent les bobines de ces fils, disposées sur des supports inclinés S, S. La machine est double comme la précédente; il y a donc un triple rang de bobines de chaque côté du bâti A, dont les fils, réunis en un, vont se renvider sur les bobines E fixées sur les fusées horizontales qui tournent dans des encoches réservées dans le bâti A.



2321.

Les fils, en se rendant des bobines B sur les bobines E, reçoivent un mouvement de va-et-vient par la tige G figurée sur une partie de la machine. La tringle *g* est fixée à la première, et au-dessus elle porte les barbins dans lesquels les fils passent pour se rendre sur les bobines horizontales E. L'ensemble de la disposition des bobines et des accessoires dont nous venons de parler, est représenté plus en détails et sur une échelle plus grande en élévation fig. 2324 et en plan fig. 2323. Ces figures font mieux comprendre comment le mécanisme agit lorsqu'un fil vient à casser.

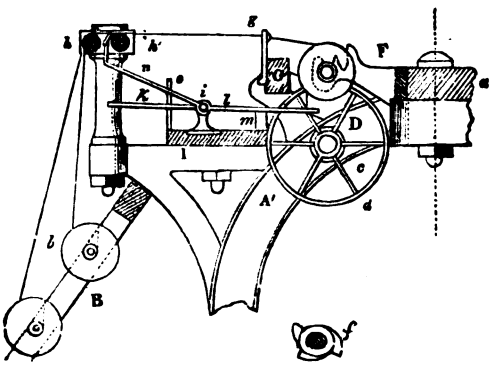


2322.

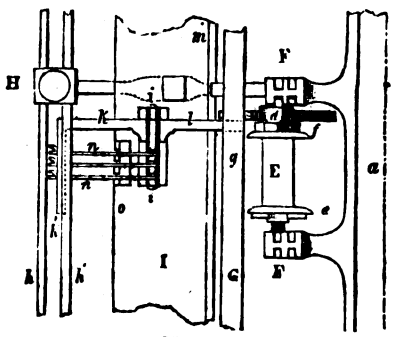
Les fils des bobines B passent sur deux tringles en cuivre *h*, *h'*, excessivement lisses et solidement établies d'un bout à l'autre du métier dans le petit montant H. Entre les deux tringles *h*, *h'*, les trois fils qui doivent se réunir dans le barbin *g* sont encore séparés et passent dans de petites griffes *x* que tiennent les fils de fer *n*. Ces fils de fer peuvent prendre un mouvement autour du centre d'articulation, et sont disposés de façon à ce qu'ils ne sont relevés dans la position indiquée fig. 2324, que par le fil de soie qui monte. Si ce fil casse, le fil de fer prend la position horizontale et vient peser alors sur le cadre d'un bras de levier *k l*, dont l'extrémité *l* vient agir alors dans l'une des trois cames du pignon à rochet *z* (fig. 2325). Ce pignon à rochet fixé sur l'axe de la roue conductrice des bobines, arrête par consé-

Digitized by Google

quent ces dernières instantanément. Un coup d'œil suffit pour comprendre la commande générale de la



2324. 2325.



2323.

roues d'angles 4 et 3 qui engrènent ensemble. L'axe de la dernière porte la roue droite 1 qui engrène avec la roue 2. Chacune d'elles est calée sur un arbre D qui règne dans toute la longueur de la machine, et porte autant de galets qu'il y a de bobines; chacun de ces galets agit en frottant sur chacun des galets des bobines qui sont ainsi entraînées.

Le mouvement alternatif de la tige G qui croise les fils sur les bobines est imprimé par l'entremise de la tringle 1 de la manière suivante :

Sur l'un des arbres D est fixée une roue 5 engrenant avec la roue 6 qui transmet son mouvement à l'arbre vertical *p* communiquant sa vitesse à l'arbre horizontal 9, au moyen des deux roues d'angle 7 et 8.

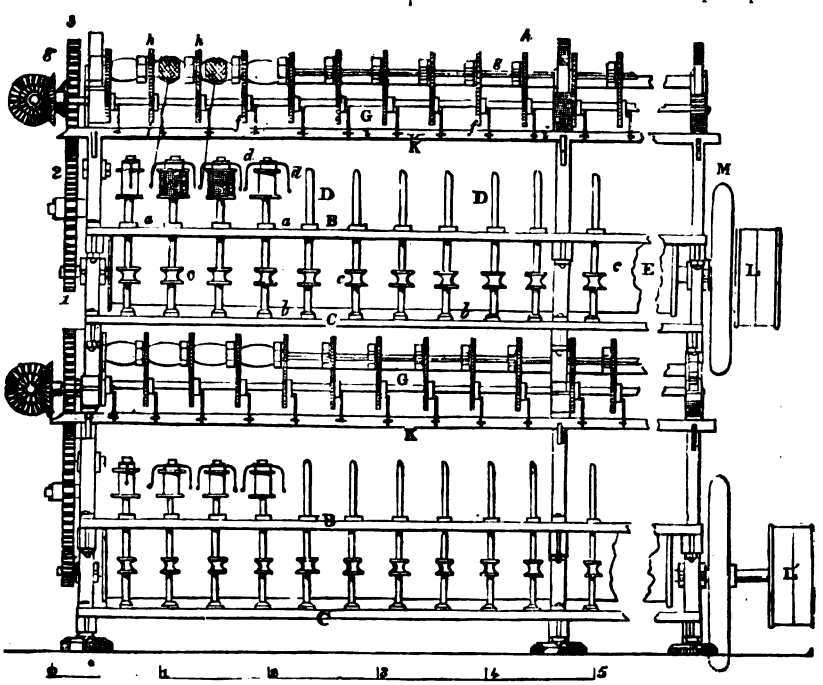
Sur l'arbre *q*, se trouve une roue *r* agissant contre un galet placé à l'extrémité inférieure du levier *s*. L'extrémité supérieure de ce levier est fixée à une pièce *a* assemblée aux tiges conductrices.

A cette pièce transversale *a* est attachée une corde qui passe par dessus un rouleau *v*, et à l'extrémité de laquelle est suspendu un poids *v v* dans le but de mettre le levier *s* en contact avec la roue centrale *r*. La tige *s* est de plus guidée dans la coulisse *t* tournée en excentrique, et qui reçoit un mouvement de rotation très lent des commandes 9, 10, *x* et *a*, de manière à disposer les fils en spires irrégulières sur la bobine pour faciliter leur dévidage.

La fig. 2326 donne une vue de face et la fig. 2327 une élévation debout du moulin anglais à organsin.

La disposition générale est encore celle des précédentes machines. Les bobines et les fuseaux sont placés symétriquement de chaque côté d'un bâti en fonte, sur deux étages, comme cela a lieu d'ailleurs dans la plupart des métiers à filer employés pour les autres matières.

Les bobines verticales F, F, surmontées de leur ailette, sur lesquelles le fil doublé est enroulé, sont placées sur les anses ou fuseaux D qui reposent à leur extrémité inférieure dans des pivots fixés sur les traverses générales B.



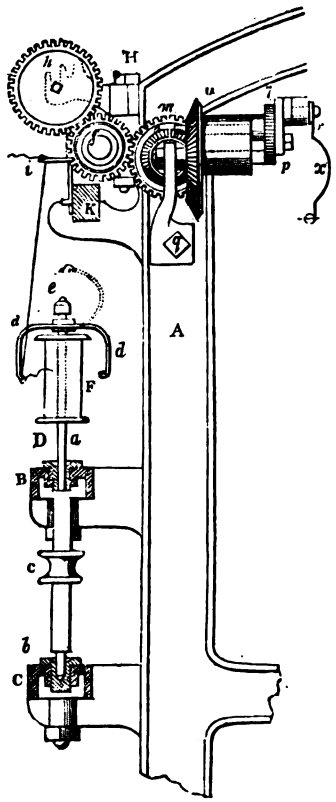
2326.

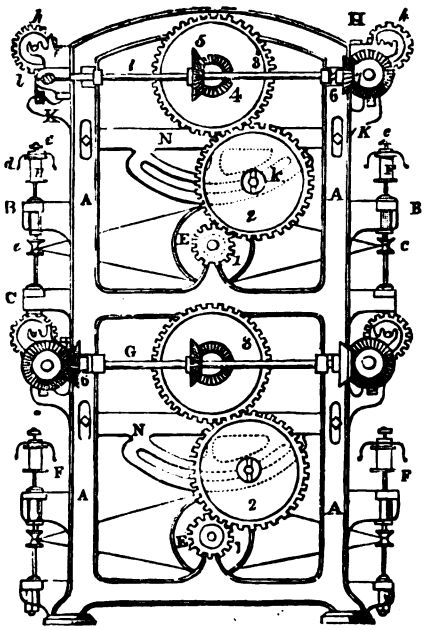
machine. Un arbre dont on voit l'axe en 4, reçoit le mouvement de l'arbre moteur, et le transmet à ses

Digitized by Google

La petite poulie ou noix e que chaque fuseau porte, et qui est fixée au-dessus du pivot inférieur, sert à recevoir une corde, au moyen de laquelle on imprime le mouvement à la bobine. Au-dessus de chaque rangée de bobines verticales F, est placée une rangée de bobines horizontales N destinées à renvider le fil après la torsion. Le nombre des bobines verticales est égal à celui des bobines horizontales. Pour se rendre de l'une à l'autre, le fil passe comme à l'ordinaire dans des barbins doués d'un mouvement de translation alternatif.

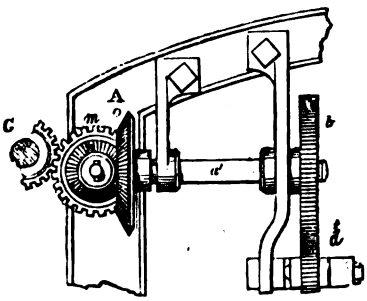
2328.



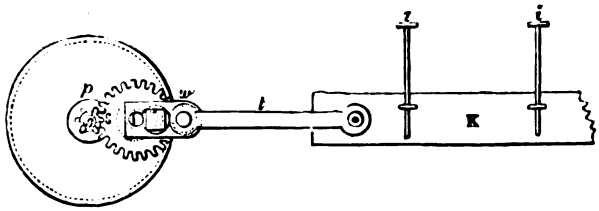


2327.

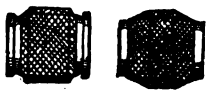
Les tiges K portent ces barbins et reçoivent par conséquent le mouvement de va-et-vient. Le bâti en fonte A de la machine est rectangulaire. Les différents montants verticaux sont reliés par des entre-toises. Un tambour E en zinc se trouve à chaque étage de bobines. L'axe des cylindres qui règne sur toute la longueur repose à ses extrémités sur des coussinets dans les montants du bâti. Ce sont ces tambours qui donnent le mouvement aux bobines verticales par des



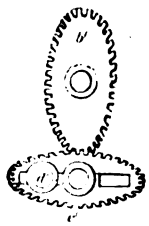
2329.



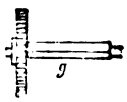
2332.



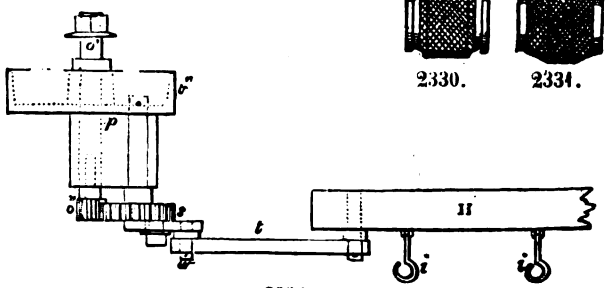
2330. 2331.



2334.



2335.



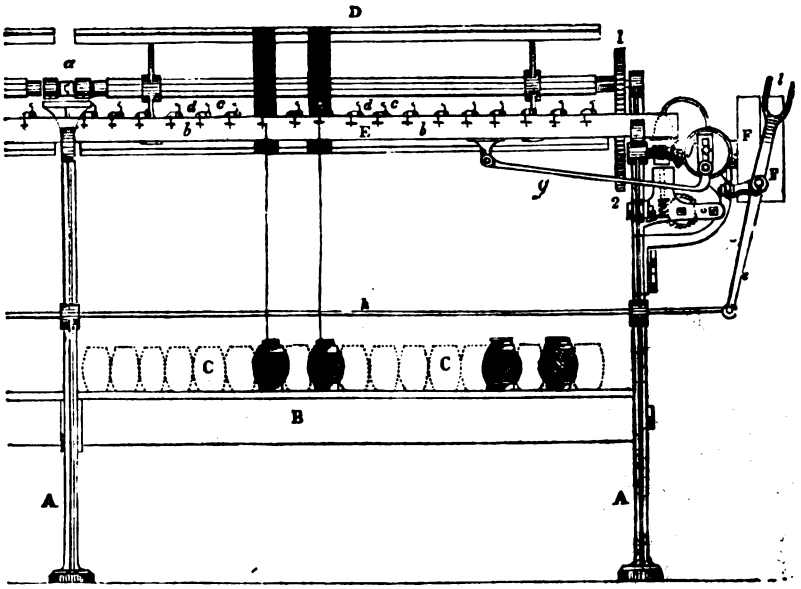
2333.

Digitized by Google

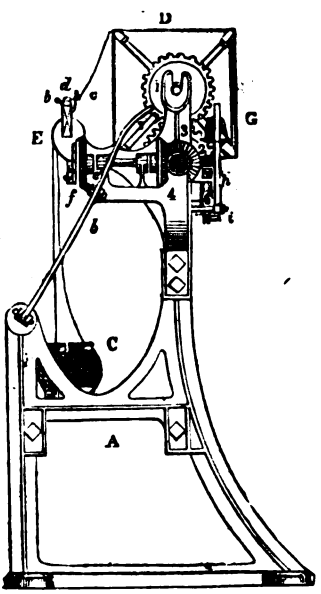
cordes, qui, de leur circonférence, vont envelopper les noix *e* des bobines. Afin de régulariser la vitesse, chaque arbre des cylindres E, porte à une de ses extrémités un volant M.

Les poulies fixe et folle, représentées dans la fig. 2326, sont les poulies motrices sur lesquelles passe la courroie venant de l'arbre du moteur. Les arbres des cylindres E, E, portent à l'extrémité opposée à celle sur laquelle se trouvent les poulies, les commandes des bobines horizontales. Un pignon, placé sur l'arbre du tambour, engrène avec une roue intermédiaire 2 qui transmet son mouvement à la roue 3, sur l'arbre de laquelle sont callées deux roues d'angles 4 et 5. Ces dernières impriment le mouvement à l'arbre 6 qui porte des petits pignons engrénant avec les roues *h*, *h*, placées sur les fusées horizontales *g*, *g*, des bobines N.

Lorsqu'on veut augmenter ou diminuer la torsion, on n'a qu'a changer les rapports entre ces commandes, ce qui se fait en remplaçant l'un des pignons 4. On fait



2336.



2337.

ensuite glisser la roue intermédiaire dans la coulisse *k* réservée sur son axe de façon à établir la communication entre les roues que nous venons de mentionner, tout en maintenant la position relative des arbres des bobines. La coulisse *k* sert également, lorsqu'on veut changer la direction imprimée à la torsion; car il suffit alors de faire engréner la roue intermédiaire 2 du côté opposé à celui où elle se trouve placée.

Quant au mouvement de va-et-vient de la traverse G et des barbins, il doit faire enrouler le fil de manière à produire sur le milieu des bobines un renflement comme l'indiquent les fig. 2330 et 2331. On arrive à donner cette forme au moyen du mécanisme indiqué fig. 2332, 2333 et 2329. Sur le bâti A de la machine et à sa partie supérieure se trouve une des roues C engrénant avec la roue *m* qui porte la roue *n*; celle-ci communique avec la roue d'angle *o*, et elles tournent l'une et l'autre sur un bouton en saillie sur le bâti. La roue *o* porte un axe *a'*, à l'autre bout duquel est montée la roue d'engrénage elliptique *l'* (fig. 2334), engrénant avec la roue *c'* qui donne le mouvement à la tige du va-et-vient par la saillie *d'* vissée sur la face de la roue *c'*; de façon que le plus petit diamètre de l'une communique au plus grand de l'autre.

Dévidoir automatique. Ce dévidoir est à tours comptés et n'offre rien de remarquable, si ce n'est l'élégance de sa construction (fig. 2336 et 2337). Les bobines C, formées au métier précédent, sont placées à la partie inférieure du dévidoir sur une table B. Elles sont dévidées ensuite sur le guindre en asple hexagonal D. Le fil prend alors la forme d'écheveaux très propres à être soumis aux opérations du décreusage et de la teinture. L'asple D ayant une très grande longueur dans la plupart des usines anglaises, on assemble ordinairement son arbre en fonte en deux parties au moyen des boîtes de jonction *a*, qui

Digitized by Google

permettent de séparer le guindre si le travail l'exige. La barre E porte les barbins *b c*, auxquels elle communique le mouvement de va-et-vient, qui se retrouve dans tous les dévidages. Le fil, en se rendant de ces barbins aux écheveaux, passe sur de petites tringles recouvertes de drap, et il en sort complétement nettoyé. A l'extrémité de l'arbre *a* du guindre sont fixées les roues d'engrenage 1 et 2 qui reçoivent le mouvement du moteur par la poulie E de la roue 2, qui porte également la vis et les roues nécessaires à un compteur dont la came agit sur une sonnette placée à l'extrémité de la tige *i*, afin d'avertir lorsque l'écheveau est complétement formé. L'impulsion alternative de la tige E lui est imprimée par l'excentrique *f*, placé à l'extrémité de l'arbre *e*, fig. 2336. *g* est la fourchette d'embrayage du manchon de l'arbre *e*, et F' celle de la poulie motrice E, qui reçoit l'impulsion de l'arbre moteur.

Préparations au marabout. Nous avons dit que la torsion est ordinairement donnée à la soie avant la teinture; on opère en effet de cette manière pour les fils de trame et d'organsin. Mais quelquefois, lorsqu'on veut obtenir de la soie plus torse et plus forte pour certaines étoffes, on lui fait subir une torsion avant et une après la teinture.

La soie ainsi ouvrée est connue dans le commerce sous le nom de *marabout*. On emploie en général la plus belle soie blanche pour produire le marabout. On sait qu'on ne peut imprimer une torsion à un fil quelconque sans que sa longueur diminue. Cette diminution pour le marabout peut être de 4 à 5 p. 100 de la longueur, tandis que la force du fil devient d'environ une fois et demie plus grande qu'avant l'application de la seconde torsion.

Passage à la vapeur. Ce serait une erreur de supposer que la force de l'organsin sera toujours proportionnelle à la quantité de torsion ; si on voulait pousser celle-ci trop loin, le fil serait bientôt énervé, comme nous l'avons déjà fait remarquer ailleurs. Il ne faut pas perdre de vue, d'un autre côté, qu'on n'obtient cet excédant de force que par une diminution de longueur et une dépense notable de force motrice, et que la torsion ternit les fils brillants. On devra donc moins tordre en général ceux qui sont destinés aux étoffes brillantes, telles que le satin et les peluches, par exemple. Les fils pour crêpes, pour rubans, devront, au contraire, recevoir un apprêt plus fort.

Après le moulinage, les fils ont en général une tendance à se brouiller, à se mêler, en vertu de leur élasticité qui agit en sens inverse de la torsion. Comme il est important de neutraliser cet effet, on a soin de les passer à la vapeur qui pénètre les filaments, fait disparaître cette tendance en maintenant cependant la torsion.

Déchet de la soie au moulinage. Les opérations du moulinage ne peuvent se faire sans occasionner un déchet assez considérable, provenant, soit des défectuosités dont il faut débarrasser les fils, soit des ruptures et accidents occasionnés dans les manipulations que nécessite le moulinage; ces déchets varient nécessairement avec les qualités naturelles de la soie; les soins qu'on a apportés à son tirage, ainsi qu'avec le nombre de préparations qu'on lui a fait subir. La perte est donc plus considérable pour l'organsin que pour la trame ; on estime cette perte de 5 à 10 p. 100 pour la trame, et cette quantité peut s'élever jusqu'à 20 p. 100 pour l'organsin. Il est cependant curieux de faire remarquer que le crépage ou torsion nécessaire au marabout n'occasionne presque pas de déchet; il faut attribuer cette diminution de perte à l'humidité qu'on a soin d'entretenir dans ces moulins. Il serait probablement avantageux d'en faire autant pour les moulins ordinaires; on a constaté en tout temps qu'une légère humidité était favorable aux manipulations et au dévidage de la soie. Aussi les bonnetiers qui emploient la soie mettent-ils la bobine à dévider dans un pot de grès placé dans un second vase plus grand ; ils versent de l'eau entre les deux, et l'humidité qui traverse le vase poreux suffit pour faciliter l'opération.

Débouillissage ou décreusage. Les déchets dont nous venons de parler ne sont ni les seuls, ni les plus considérables que la soie éprouve. Le décreusage qu'on est obligé de faire subir à la soie pour lui enlever toute la matière gommeuse dont les fils naturels sont enduits, afin de rendre à ces fils leur flexibilité, leur douceur, leur éclat, et les prédisposer convenablement pour recevoir la matière colorante, lui fait subir un déchet nouveau ; la diminution de poids éprouvée par la soie dans cette opération est moyennement de 25 à 26 p. 100.

C'est généralement par une ébullition dans de l'eau de savon que ce dégommage a lieu. On emploie ordinairement une partie de savon pour trois de soie, et on prolonge l'ébullition à pleine eau pendant quatre heures.

Cette opération a besoin d'être faite avec soin pour ménager les fils ; il faut surtout que la soie nage dans le liquide, afin qu'elle ne puisse adhérer aux parois de la chaudière, ce qui occasionnerait des brûlures.

Le décreusage étant une opération chimique du ressort de la teinture, nous n'avons pas à nous en occuper davantage ; nous dirons seulement qu'on a essayé plusieurs modes de décreusage, et entre autres l'emploi de la vapeur, mais qu'aucun moyen nouveau n'a encore complétement réussi. La vapeur ne laisse pas autant d'éclat et de blancheur aux fils, qui deviennent moins dilatés et moins gonflés qu'ils ne le sont ordinairement après le décreusage au savon. Le décreusage à la vapeur offrant, d'un autre côté, les moyens d'extraire la gomme de la soie, sans mélange, et de pouvoir par conséquent l'utiliser sans frais, il est probable qu'on n'a pas complétement renoncé à se servir de la vapeur, et qu'on parviendra sans doute à remédier aux inconvénients signalés.

Dénomination de la soie ouvrée. La soie moulinée est désignée dans le commerce sous différents noms, presque tous tirés du genre d'apprêts qu'elle a reçus. Outre les noms de *grege*, de *poil*, de *trame* et d'organsin que nous avons définis, on distingue l'*orale*, qui est une soie faiblement tordue ; elle sert à faire des lacets, des broderies, la couture des gants.

La *soie plate* est une soie grège commune, formée par le tirage de 20 à 25 brins ensemble ; elle est spécialement réservée pour broder la tapisserie.

La *grenadine* est une soie ouvrée à deux bouts très serrés ; elle sert à faire des effilés, de grandes dentelles quand elle est commune; la plus fine sert à faire des dentelles noires.

La *grenade* est une autre espèce de soie formée par deux bouts très tordus : on l'emploie surtout pour la passementerie et la fabrication des boutons.

La *fantaisie* provient de la bourre et du frison cardés et filés comme les filaments discontinus ; elle sert à la bonneterie et à la fabrication des châles.

Le *fleuret monté* provient des déchets de soie ; on le travaille comme la fantaisie, on lui donne une forte torsion ; on la designe également sous le nom de gallettes aux environs de Lyon : le fleuret est employé pour la passementerie ; il forme ordinairement la chaîne des galons d'or et d'argent. M. ALCAN.

SON (*angl.* bran, *all.* kleie). Le son qui provient de la mouture des céréales est employé pour rembourrer des coussins ou des pelotes, nettoyer les tissus et les gants, faire des emballages, monter les cuves au pastel, etc. Il sert également, surtout delayé dans l'eau, à la nourriture des chevaux, des moutons, des lapins et des volailles.

SON (*acoustique*). Le son est produit par les vibra-

Digitized by Google

tions des corps solides, liquides et gazeux ; ces vibrations sont transmises à nos sens par le secours de l'air ; ainsi, en plaçant une sonnerie sous le récipient d'une machine pneumatique, le bruit de la sonnerie devient de plus en plus faible à mesure que l'on raréfie l'air, et finit par ne plus être perceptible.

On distingue dans un son trois choses : son intensité qui dépend de l'étendue des vibrations, son timbre qui varie avec la nature même du corps vibrant et la manière dont les vibrations y sont produites, et le ton qui est déterminé par la vitesse des vibrations.

Quelle que soit la manière dont les vibrations soient produites, la cause ayant cessé d'exister, elles se continueront avec une amplitude ou intensité décroissante jusqu'à ce qu'elles s'éteignent, mais en conservant toujours le même ton. Un morceau de musique se faisant entendre à des distances variables sans autres altérations que dans l'intensité des sons, il s'ensuit que, dans un même milieu la vitesse de propagation est la même pour tous les sons quel que soit leur ton. Cette vitesse de propagation est d'environ 333^{m} dans l'air calme et non agité par les vents. D'après cela, par exemple, lorsqu'il tonne, la distance à laquelle l'orage éclate est égale à autant de tiers de kilomètre qu'il s'écoule de secondes entre l'instant où l'on aperçoit l'éclair et celui où l'on entend le roulement du tonnerre.

Les sons sont d'autant plus graves que le corps vibrant fait un moindre nombre de vibrations par seconde. Au-dessous de 32 et au-dessus de 8912 vibrations par seconde on ne peut plus apprécier les sons ; un homme ne peut guère rendre des sons plus graves ou plus aigus que ceux qui correspondent à 192 et 633 vibrations par seconde ; pour la femme ces limites sont ordinairement de 576 et de 1720 vibrations par seconde. Sans entrer dans le détail du rapport des sons, nous dirons seulement que deux sons sont à l'octave l'un de l'autre quand le nombre des vibrations correspondantes sont entre eux comme 1 : 2. Cet intervalle se trouve divisé en 12 demi-tons qui sont égaux dans les instruments dits à tempérament ou à sons fixes.

SONDAGE, SONDE. La sonde est un instrument servant à forer, dans des terrains quelconques, des trous d'un faible diamètre, servant le plus souvent à la recherche des nappes d'eaux souterraines ascendantes (voyez *puits* ARTÉSIENS), ou a celle de couches perméables absorbantes, permettant de se débarrasser des eaux superficielles dont on veut se défaire. C'est au moyen de trous de sonde, dans lesquels on installe des pompes élévatoires, qu'on exploite souvent, par dissolution, les bancs de sel gemme ou de terrains salifères. On emploie aussi la sonde, soit pour l'exploitation des terrains stratifiés et surtout des terrains houillers, soit pour forer des cheminées servant à l'écoulement des eaux ou à l'aérage d'une mine, soit enfin pour reconnaître le gîte en arrière des fronts de tailles ou de galeries, lorsqu'on craint de rencontrer des eaux remplissant d'anciens travaux ou des cavités naturelles. Enfin, on se sert fréquemment de petites sondes, dans les travaux publics, etc., pour reconnaître jusqu'a une certaine profondeur la nature du sol sur lequel on doit asseoir ces travaux.

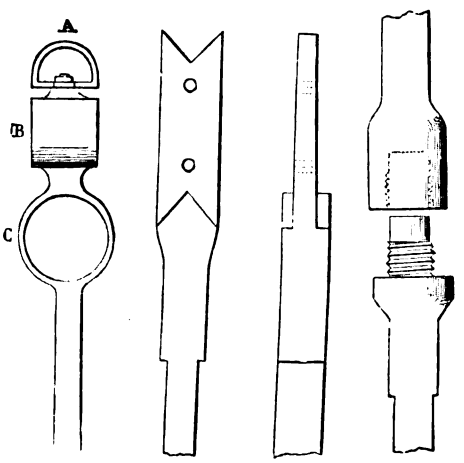
Le sondage à de grandes profondeurs s'opère en ce moment par trois procédés distincts : 1° le sondage avec une sonde à tige rigide, dans lequel on est obligé de remonter fréquemment la sonde pour curer le trou au moyen d'outils particuliers ; c'est le procédé le plus long et le plus coûteux, mais il est cependant encore presque exclusivement employé en France ; 2° le sondage à la corde ou sondage chinois ; 3° le sondage avec une sonde à tige rigide, tubulaire, et dans laquelle le curage du trou est supprimé, par le procédé que M. Fauvelle, de Perpignan, a fait connaître dans la séance du 31 août 1846 de l'Académie des Sciences. Après avoir décrit ces trois procédés, nous dirons quelques mots sur des sondes particulières, et d'une application toute spéciale, que l'on rencontre quelquefois dans les arts.

I. SONDAGE AVEC SONDE ORDINAIRE A TIGE RIGIDE.

Composition d'une sonde. — Une sonde ordinaire se compose de la *tête*, qui sert à suspendre la sonde ; des *outils*, qui attaquent la roche au fond du trou ou sur ses parois, et des *tiges*, qui réunissent la tête aux outils.

Tête. — La tête de la sonde (fig. 2338) se compose d'un anneau tournant A, par lequel la sonde est suspendue, et d'un ou deux œils B, C, destinés à recevoir des leviers pour faire tourner la sonde.

Tiges. — Les tiges sont ordinairement en fer carré de 0^{m},025 de côté pour un trou de 0^{m},06 à 0^{m},07 de diamètre et 20^{m} au plus de profondeur ; de 0^{m},030 de côté pour un trou de 0^{m},08 à 0^{m},10 de diamètre et 20^{m} à 50^{m} de profondeur ; de 0^{m},035 de côté pour un trou de 50 à 150^{m} de profondeur, etc. Chaque bout de tige a ordinairement au plus 5 à 6^{m} de longueur. Ces bouts sont assemblés entre eux avec la tête et avec les outils, soit à enfourchement (fig. 2339), soit à vis et à douille (figure 2340). Ce dernier mode d'assemblage est le plus habituellement usité ; il n'a d'autre inconvénient que de ne pouvoir se prêter au mouvement de rotation que dans un seul sens. La tête de sonde est toujours terminée par une douille, et les tiges portent toutes une vis et une douille, de sorte que toutes les douilles tournent leur ouverture vers le bas ; cette disposition a pour but de maintenir les assemblages aussi propres que possible.



2338. 2339. 2340.

Outils. — Les outils servent, soit à entailler la roche, soit à extraire les débris des roches broyées, soit enfin à retirer du fond du trou les parties brisées de la sonde.

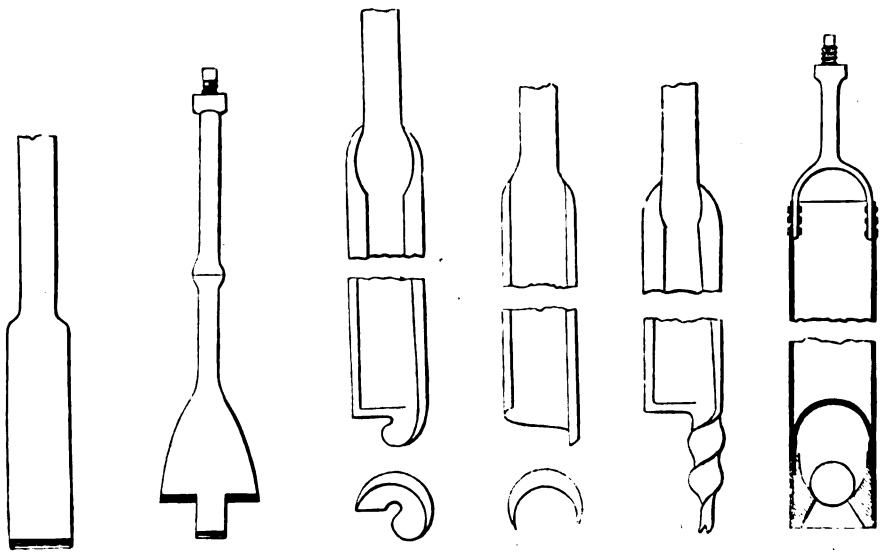
Les outils qui servent à entailler la roche se divisent également en plusieurs classes, suivant qu'ils attaquent la roche par son extrémité ou latéralement, et surtout suivant qu'ils agissent par rotation ou par percussion.

Les outils agissant par percussion sont exclusivement employés dans les roches qui offrent une certaine dureté ; on leur donne le nom de *trépans* ou de *ciseaux*. Le tranchant du trépan simple est droit (fig. 2341), courbe ou à pointe et à double biseau : ce biseau doit être d'autant plus obtus que les roches à attaquer sont plus dures. Dans le sondage d'un grand diamètre, on se sert souvent du *trépan à téton* (fig. 2342), qui porte en son

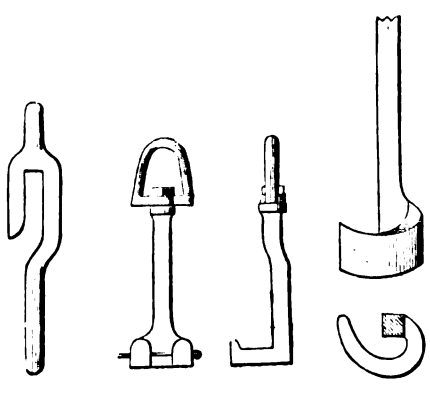
Digitized by Google

milieu un second ciseau plus petit ou téton, servant à commencer le trou sur un plus faible diamètre. On se sert aussi quelquefois de trépans à tranchants en croix. On emploie souvent pour couper les rognons de silex que l'on rencontre dans les terrains de craie, une cloche cylindrique creuse, à bords tranchants et aciérés, qui agit par percussion.

Dans les terrains tendres et friables, on se sert quelquefois d'outils agissant par rotation, et qui servent en même temps à ramener au jour les matières désagrégées; ce sont les *tarières* (fig. 2343). Dans les argiles on supprime la mèche; la tarière ainsi modifiée (figure 2344) est connue sous le nom de *tarière à glaise*. Enfin, dans les sables faiblement agrégés, on remplace souvent (fig. 2345) la mèche de la tarière ordinaire par un *trépan rubanné*, destiné à désagréger le sable que la tarière ramène ensuite au jour sous la forme de carotte.



2341. 2342. 2343. 2344. 2345. 2346.



2347. 2348. 2349.

On se sert ordinairement pour élargir les trous, quand il en est besoin et qu'ils ne sont pas tubés, d'un outil qui se compose d'un cylindre d'un diamètre un peu plus faible que celui du trou, et sur le contour duquel on fixe dans le plan passant par son axe, quatre ou un plus grand nombre de lames à tranchant aciéré. Pour aléser ou équarrir les trous, lorsque cela est nécessaire, M. Degousée emploie souvent un outil qui consiste en une forte tige en fer, sur laquelle sont fixés deux disques en fer réunis entre eux par quatre barres carrées en fer aciéré, qui sont bombées et attaquent les parois du trou par leurs arêtes: cet outil agit en rodant.

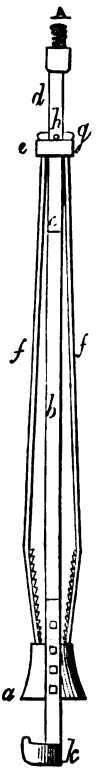
On se sert pour le curage des trous, soit de tarières, soit, le plus souvent, de cylindres avec soupapes à boulets, avec ou sans tige (fig. 2346), que l'on suspend tantôt à l'extrémité des tiges, tantôt, et presque toujours, à l'extrémité d'une corde.

Les outils dont on se sert pour la manœuvre de la sonde, sont: la *clef de retenue* (fig. 2347), qui se place au-dessous d'un renflement de la tige, et qui sert à maintenir la sonde suspendue dans le trou; le *pied de bœuf* ou *clef de relevée* (fig. 2348), qui saisit également la ligne des tiges sous un épaulement, et qui sert à suspendre la tige au câble de l'engin; et le *tourne à gauche*, de même forme que la clef de retenue, qui est employé pour désassembler les tiges.

Les outils destinés à retirer du fond du trou les parties brisées de la sonde, portent le nom d'outils accrocheurs; ce sont la caracole, le tire-bourre, la cloche à écrou et les accrocheurs à pièces avec ou sans ressorts: la *caracole* (fig. 2349) sert à saisir une tige brisée au-dessous d'un collet, pour la ramener au jour avec la portion de la sonde liée à cette tige. Le *tire-bourre*, qui a absolument la forme des tire-bourres employés pour décharger les armes à feu, n'est guère employé que pour retirer la corde du cylindre à soupape, lorsqu'elle s'est rompue et qu'une partie est restée dans le trou avec la cloche. La *cloche à écrou* est une cloche conique, portant intérieurement un filet de vis triangulaire en acier trempé, destiné a mordre sur la tête d'une tige restée dans le trou, et que l'on ne peut saisir avec la caracole, parce que la rupture a eu lieu à une trop grande distance d'un nœud d'assemblage. L'*accrocheur à pinces* le plus efficace est celui de *Kind*, et est représenté figure 2350; il remplace avec avantage la cloche à écrou. Il se compose d'un fort anneau en fer *a*, évidé à l'intérieur en forme d'entonnoir, et lié à une fourche

Digitized by Google

dont les deux branches *b* se réunissent en *c*, à une tige carrée *d*, sur laquelle est enfilé un coulant *e*, qui peut monter et descendre le long de cette tige depuis la bifurcation *c* jusqu'au goujon *h*; au coulant *e*, sont suspendues par des retours d'équerre *g*, *g*, les deux branches *f*, *f*, de la pince, dont les extrémités sont encore engagées dans l'anneau *a*, lorsque le coulant *e* a été remonté jusqu'à venir buter contre le goujon *h*. Ces deux branches, qui sont dentelées et aciérées intérieurement, se rapprochent en s'enfonçant dans l'intérieur de l'anneau *a*, lorsque le coulant descend. Pour se servir de cet accrocheur, on le visse au bas de la ligne des tiges, on repousse le coulant *e*, contre le goujon d'arrêt *h*, on écarte avec la main les mâchoires dentelées des pinces, et on les maintient écartées en logeant dans la denture un petit étai en bois, puis on descend la sonde; quand on est parvenu à coiffer avec l'anneau *a* la partie supérieure de la tige ou de la pièce rompue, celle-ci pénètre entre les mâchoires et repousse l'étai de bois qui tombe; le coulant *e*, et les branches de la pince descendent par leur propre poids, jusqu'à ce que les mâchoires dentelées viennent s'appliquer sur la pièce, sur laquelle les dents sont serrées par suite de la forme extérieure des pinces, qui s'introduisent, à la manière d'un coin, entre l'anneau et la pièce. Quand on relève ensuite la sonde, ces mâchoires serrent d'autant plus que le système des pinces est tiré vers le bas par le poids, et la résistance de la pièce que l'on veut ramener au jour. Une sorte de caracole *k*, fixée au-dessous de l'anneau *a*,

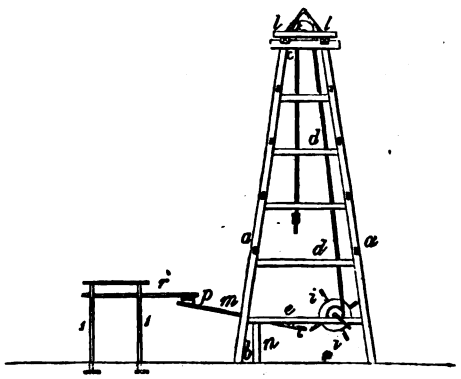


2350.

sert à ramener au besoin dans la position verticale et dans l'axe du trou la tige à coiffer avec l'anneau.

Manœuvre de la sonde, engins. On place d'abord sur le sol un fort madrier, dans lequel on a pratiqué un trou circulaire ayant un diamètre de très peu supérieur à celui des trépans; il sert à empêcher les éboulements superficiels. On traverse ensuite la terre végétale et même les argiles, s'il y en a, avec une tarière à bras, en ayant soin de maintenir l'outil bien vertical, ce qui se fait quelquefois en le dirigeant au moyen d'un arbre foré, de 1 à 2^{m} de longueur, qu'on plante dans le sol. D'autres fois, on traverse la terre végétale par un puits d'un diamètre assez grand, au fond duquel on commence le sondage. Cette disposition est surtout à recommander pour les forages qui doivent être poussés à une profondeur considerable, parce qu'elle active de beaucoup l'assemblage et le désassemblage des tiges, en augmentant de fait de la hauteur du puits la hauteur de l'engin qui sert à cette manœuvre. Arrivé au roc dur, on substitue à la tarière un trépan simple à biseau, plus ou moins obtus, que l'on soulève à bras et que l'on fait battre, en lui faisant faire chaque fois 1/5 à 1/6 de tour, et en jetant de l'eau dans le trou, quand il est sec, pour rafraîchir les outils et les empêcher de se détremper. Lorsqu'on a atteint une profondeur de 8 à 10^{m}, il est nécessaire de recourir à un engin pour soulever la sonde.

La fig. 2351 donne l'élévation d'un engin à quatre montants, d'une simplicité remarquable et d'une manœuvre très facile, employé par l'ingénieur allemand Kind dans les sondages à des profondeurs moyennes, de 80^{m} au plus. *a*, *a*, sont les montants de l'engin, fixés à leur partie inférieure sur des semelles *b*, *b*, reliés à leur partie supérieure par les pièces *c*, *c*, et consolidés dans l'intervalle par des entretoises *d*, *d*, sur lesquelles on pose quelques planches servant à faciliter l'accrochage et le dévissage des tiges à une hauteur quelconque; F, est le treuil sur lequel s'enroulent deux cordes dont l'une sert à descendre et à remonter la sonde, et l'autre à la manœuvre du cylindre à soupape; jusqu'à une profondeur de 30^{m}, on fait mouvoir le treuil avec deux manivelles : au-delà, on le fait tourner en agissant sur les extrémités des leviers *i*, *i*; au sommet de l'engin se trouve la poulie de renvoi *k*, sur laquelle passe la corde qui sert à relever la sonde. Pour des trous de 10 à 20^{m}, on se sert de la même corde pour relever la sonde et pour manœuvrer le cylindre à soupape; pour des trous plus profonds, on emploie deux cordes distinctes; la corde qui sert à descendre le cylindre à soupape passe sur une poulie de renvoi placée à la partie supérieure de l'engin, et est manœuvrée, suivant le cas, soit à bras, soit au moyen du treuil F, soit à l'aide d'un treuil particulier.



2351.

Le levier de battage *m m*, peut basculer autour d'un axe en fer qui traverse les poteaux *n*, *n*; on suspend la tête de la sonde, au moyen d'une chaîne en fer, à un crochet fixé à l'une des extrémités du levier de battage, tandis qu'à l'autre bout, en *p*, on adapte une barre transversale sur laquelle les ouvriers agissent pour soulever la sonde; quand celle-ci retombe ensuite par son propre poids, l'excursion du levier *m* est limitée, parce que son extrémité *p* vient frapper l'extrémité d'une perche élastique en bois *r*, solidement fixée entre les montants *s*, *s*, et faisant ressort. Cette disposition a surtout pour but de diminuer de beaucoup le fouet des tiges, et par suite de prévenir en grande partie la dégradation des parois du trou et les fréquentes ruptures des tiges qui en résultent; souvent aussi, on facilite le battage de la sonde, en équilibrant une partie de son poids, lorsque la profondeur devient considérable, par l'addition d'un contre-poids que l'on place vers l'extrémité *p* du levier de battage.

Sauf les dimensions, on peut aisément se servir, avec quelques légères modifications, de l'engin ci-dessus pour le forage à de très grandes profondeurs. On fait mouvoir au moyen d'une roue à marches, munie d'un frein, le treuil servant à monter et à descendre la sonde; un petit treuil à manivelles séparé dessert le cylindre à soupape pour curer le trou. Le levier de battage est tantôt mû à bras, tantôt soulevé par des cames mises en mouvement soit par un treuil séparé, soit par la roue à marches ci-dessus; la meilleure disposition à adopter pour ces cames est de les composer d'un certain nombre

Digitized by Google

de rouleaux mobiles sur leurs axes et ajustés entre deux disques paralleles disposés comme ceux d'une lanterne.

L'attaque du terrain se fait, comme nous l'avons dit, soit au moyen de trépans, soit au moyen de tarières; avec les trépans, qui sont seuls employés dans les terrains durs et résistants, on broie les roches par un mouvement de percussion, qui consiste à soulever l'outil et toute la sonde à une hauteur variable, depuis 0m,45 jusqu'à 0m,70, suivant les circonstances, et à les laisser retomber en même temps qu'on fait tourner d'une petite quantité la sonde sur son axe; avec les tarières, on laisse porter la sonde de tout son poids sur le fond du trou et on agit en rodant, c'est-à-dire en imprimant à la tige un mouvement de rotation continu. Les trous forés par battage se maintiennent, en général, beaucoup mieux dans la verticale que les trous forés en rodant; en outre le battage avec des outils de forme appropriée à la nature de la roche avance plus vite que le rodage et donne lieu à moins d'accidents, le rodage fatiguant beaucoup par torsion la tige de la sonde, tandis que le battage ne donne lieu qu'à un fouet ou vibration des tiges lors du choc, fouet que l'on a entièrement fait disparaître par l'introduction de coulisses qui rendent l'outil et une faible portion de la sonde, placée au-dessus, indépendants de la ligne supérieure des tiges.

Lorsque les outils ou le trou sont encombrés de débris, il faut relever la sonde : on la suspend à cet effet, au moyen d'un pied de bœuf ou clef de relevée (figure 2348), à l'extrémité du câble de l'engin. En agissant sur le treuil ou la roue à marches, on relève la sonde de manière à amener hors du trou autant de nœuds d'assemblage que possible; on place alors une clef de retenue (fig. 2347) au-dessous de l'épaulement du nœud inférieur; on dévisse avec un tourne-à-gauche la partie des tiges hors du trou; on fait ensuite descendre la clef de relevée, en tirant sur le câble, et, saisissant de nouveau la sonde, au-dessus de la clef de retenue et au-dessous de l'embase de l'emmanchement, on soulève une autre longueur de sonde égale à la première, que l'on désassemble de même, et ainsi de suite; la descente de la sonde se fait en répétant la manœuvre ci-dessus en sens inverse.

Quand le forage s'exécute en rodant avec une tarière, celle-ci remonte presque toujours remplie des débris du terrain formant dans son intérieur une *carotte* compacte que l'on en détache avec une curette : il n'y a plus qu'à redescendre l'outil dans le trou. Quand, au contraire, on a foré en battant, à l'aide d'un trépan quelconque, on remonte comme ci-dessus la sonde; puis on procède au curage du trou, soit avec une tarière, soit avec un cylindre à soupape à boulet. La tarière plus ou moins fermée ne peut être employée que quand les débris de la roche sont susceptibles de faire une pâte de quelque consistance avec l'eau dont le trou est toujours rempli jusqu'à une assez grande hauteur; on la visse à l'extrémité des tiges de la sonde et on la remplit en rodant. Le cylindre à soupape peut être employé dans tous les cas; on le descend dans le trou, quelquefois en le vissant à l'extrémité de la ligne des tiges, le plus souvent en le suspendant au bout d'un câble qui s'enroule sur un treuil; on le remplit en lui imprimant un mouvement d'oscillation, ou de sonnette, au milieu des débris délayés dans l'eau qui remplissent la partie inférieure du trou.

Il est tout à fait indispensable que le contre-maître, chargé de la conduite du sondage, place des échantillons des terrains ramenés au jour, de diverses profondeurs, dans des casiers numérotés, et qu'il inscrive, sur un journal du sondage tenu avec le plus grand soin, la nature du terrain reconnu, avec renvoi aux échantillons du casier, ainsi que les moindres circonstances de l'opération.

Dans des sondages de 0m,08 à 0m,10 de diamètre, avec la sonde que nous venons de décrire, il faut de 3 à 8 ouvriers, suivant les profondeurs, entre 0m et 100m; au-delà, on n'augmente guère le nombre des ouvriers, mais on va plus lentement.

Comme exemple de la vitesse avec laquelle on opère, nous citerons les nombres suivants obtenus par M. Fantet pour des sondages de 0m,08 de diametre :

1° Terrain houiller ordinaire, composé de bancs de grès houiller médiocrement dur alternant avec des schistes houillers :

Profondeur.	Ouvriers.	Jours.	Journées d'ouvrier par mèt. cour.
0 à 25m	3	14	1,68
25 à 30	4	3	2,40
30 à 35	5	3	3,00
35 à 40	6	4	4,80
40 à 50	7	6	4,20
50 à 70	7	18	6,30
70 à 80	8	12	9,60

2° Terrain houiller tres dur, composé surtout de bancs de grès :

Profondeur.	Ouvriers.	Jours.	Journées d'ouvrier par mèt. cour.
0 à 25m	3	18	2,16
25 à 30	4	5	4,00
30 à 35	5	4	4,00
35 à 40	6	3	3,60
40 à 50	7	9	6,30
50 à 70	7	24	8,40
70 à 80	8	17	13,70

Ces exemples indiquent clairement que, par cette méthode, le prix de revient du mètre courant croît très rapidement avec la profondeur, et peuvent en donner une idée.

Glaisage et tubage des trous. La nature plus ou moins ébouleuse d'une partie des terrains que traverse un trou de sonde, oblige généralement à en soutenir les parois en tout ou en partie, au moyen de tubes de retenue. Dans les trous de sonde peu profonds et d'un faible diamètre, destinés seulement à l'exploration du sous-sol, il suffit souvent de glaiser les trous, c'est-à-dire d'en consolider les parois avec un enduit de glaise; le meilleur glaisage s'effectue en retirant la sonde, remplissant le trou, jusqu'au bout du banc ébouleux, avec de la glaise en pâte très consistante, la tassant avec une masse, puis forant dans la glaise tassée avec une tarière à glaise.

Les tubes de retenue se font presque exclusivement en tôle de fer; on leur donne un diamètre extérieur un peu plus faible que celui du trou et, quoique ordinairement on les enfonce en tournant, on leur donne une épaisseur de tôle assez forte pour qu'on puisse sans crainte faciliter leur enfoncement par de légers coups de mouton sur leur tête, M. Degousée leur donne 0m,005 d'épaisseur pour un diamètre de 0m,33; 0m,003 pour 0m,25; 0m,002 pour 0m,15. Chaque bout de tube a environ 2m de longueur; sa suture longitudinale s'exécute avec des rivets en fer doux, espacés de 0m,04 à 0m,05, dont les têtes sont arrondies et aplaties en gouttes de suif intérieurement et extérieurement. On assemble ces bouts au moyen de manchons en tôle et de petits boulons à vis a tête plate; on fixe d'abord le manchon sur le tube inférieur, on soulève ensuite le tube supérieur au moyen du câble de l'engin, on le laisse descendre dans le manchon et on le fait tourner jusqu'à ce que les trous du tube correspondent à ceux du manchon; on descend successivement les boulons dans le tube en les suspendant au moyen d'une ficelle par le crochet ménagé a leur extrémité; on saisit ces ficelles avec de petits crochets recourbés que l'on passe dans les trous en regard sur le manchon et le tube, et on

Digitized by Google

attire les boulons dans ces trous ; on y ajuste alors les écrous que l'on serre jusqu'à refus ; on coupe à la scie la partie du boulon qui dépasse l'écrou et on rive.

La ligne de tubes arrivée au fond du trou, on continue le forage sur un diamètre moindre de $0^m,02$ que celui intérieur des tubes. Lorsqu'on rencontre à une profondeur plus considérable de nouveaux bancs éboulieux, tantôt on procède à un nouveau tubage avec des tubes d'un diamètre moindre, tantôt on élargit le trou pour faire suivre la colonne de tubes de retenue. Ce dernier procédé est surtout employé lorsque les assises solides qui séparent les bancs éboulieux ont une faible épaisseur. Les outils élargisseurs que l'on emploie dans ce cas agissent soit en rodant, soit par percussion ; les premiers se composent d'un cylindre portant des échancrures dans lesquelles sont logées des lames ou pièces dentées mobiles autour d'un axe, qui s'ouvrent de manière à attaquer le terrain quand on fait tourner l'outil dans un sens, et qui se ferment quand on fait tourner l'instrument en sens contraire pour le retirer. Les outils élargisseurs à percussion sont de formes très variées : ils sont ordinairement munis de ressorts qui en ouvrent les branches lorsqu'ils arrivent au-dessous de la colonne des tubes ; des renflements pratiqués sur ces branches au-dessus des taillants viennent presser contre les parois du tube et forcent l'outil à se refermer quand on vient à le remonter.

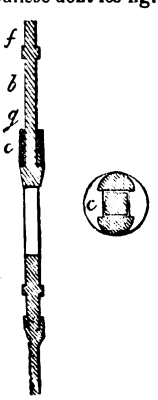
Lorsqu'on prévoit que les frais d'élargissement seront trop considérables, ou quand la pression du terrain sur la surface extérieure des tubes ne permet pas d'enfoncer plus profondément la première ligne de tubes de retenue, on se trouve dans la nécessité d'en introduire une seconde d'un diamètre moindre. Le plus souvent on donne à cette seconde colonne la profondeur totale du trou, de sorte qu'elle se trouve en recouvrement sur la première ligne de tubes ; le posage de cette seconde colonne se fait alors absolument comme celui de la première et n'offre rien de particulier. On se sert quelquefois de colonnes perdues qui ne s'élèvent pas jusqu'à l'orifice du trou de sonde. Ordinairement on termine cette colonne, à la partie supérieure, par un tuyau plus fort muni d'un écrou intérieur, dans lequel on engage un tampon à vis qui se fixe à l'extrémité des tiges de la sonde et sert à descendre la colonne. Cette colonne ne pouvant plus être prolongée par sa partie supérieure, il faut lui donner tout d'abord la longueur approximative qu'elle devra avoir. Pour faire filer dans le terrain la colonne perdue, lors de l'approfondissement du trou, on fixe à l'extrémité des tiges un tampon en bois qui pénètre sur une certaine hauteur dans l'intérieur des tuyaux, et qui est pourvu d'un rebord plus large, par lequel il s'appuie sur leur contour supérieur ; ce rebord fait l'effet de mouton et sert à enfoncer par percussion la colonne de tubes. Si le terrain continue à être éboulieux, après que l'on a enfoncé la colonne perdue autant que sa longueur le permettait, il faut recourir à un nouveau tubage d'un moindre diamètre, ou extraire la colonne trop courte, qu'on ne peut allonger sur place.

Pour retirer les colonnes de tubes de retenue, M. d'Alberti a employé avec succès le moyen suivant : on descend à l'extrémité des tiges de la sonde un tampon tronçonique tourné la pointe en haut et dont la grande base a un diamètre un peu plus faible que celui de la colonne de tuyaux à extraire ; on descend ensuite par-dessus, au moyen d'une corde, un manchon de douves en bois, maintenues à la partie supérieure par un ou deux cercles minces en fer et terminées intérieurement par le bas en biseau, de manière à faire coin ; il en résulte une adhérence très forte, lorsqu'on cherche à remonter le tampon, et généralement suffisante pour entraîner la colonne. Si l'on ne peut y parvenir, il est toujours facile de dégager l'outil, en laissant descendre le tampon, tandis qu'on retient le manchon au moyen des cordes qui ont servi à le descendre.

Nous citerons encore un arrache-tuyaux aussi simple qu'ingénieux, basé sur le même principe que le précédent et dû à Kind : il consiste en un morceau de bois de $0^m,50$ à $0^m,60$ de long, renflé dans son milieu en forme de navette, fortement cerclé à ses deux extrémités et traversé par une tige que l'on assemble à l'extrémité de celles de la sonde. On le descend jusque vers le bas de la colonne de tubes à extraire, puis on verse dans le trou un panier de gravier à gros grains qui, se logeant entre le tuyau et la partie supérieure de la navette, font coin, quand on relève la sonde, entre le bois et les tubes qui sont alors entraînés. S'il s'agit d'une colonne perdue, on pose sur la navette, avant de l'introduire dans le trou de sonde, un tuyau en tôle de 2^m de long, muni d'une anse dans laquelle on passe une corde, et rempli de gravier. Arrivé à la profondeur où l'on veut saisir la colonne, on relève avec la corde le tuyau de tôle ci-dessus, et le gravier qu'il renfermait vient se loger comme précédemment entre la navette et la colonne de tubes à extraire. Lorsque cette dernière ne cède pas sous un effort moindre que celui que la ligne des tiges peut supporter sans se rompre, on dégage facilement la navette en la laissant descendre jusqu'au-dessous de la colonne, où il se trouve presque toujours quelques cavités ou parties plus larges par lesquelles le gravier s'écoule.

Perfectionnements récemment apportés au sondage avec tiges rigides. Dans le sondage, tel que nous venons de le décrire, les dépenses et les difficultés de tout genre croissent très rapidement avec la profondeur ; les causes principales qui produisent ces effets sont au nombre de trois, le temps considérable qu'il faut employer pour l'extraction et pour la descente de la sonde, l'énorme poids des tiges, et le fouet de celles-ci contre les parois du trou, lorsqu'on agit en sonnant, fouet d'autant plus sensible que la longueur des tiges est plus grande et qui produit d'une part la dégradation des parois de trou de sonde, voire même des éboulements, et de fréquentes ruptures de tiges.

Pour prévenir ces effets désastreux du fouet des tiges, d'Oeynhausen et Kind imaginèrent à la même époque, en 1834, de diviser la ligne des tiges en deux parties presque indépendantes par l'interposition d'une coulisse dont les fig. 2352 et 2353 donnent une coupe longitudinale et une coupe transversale. On voit clairement sur ces figures que les deux parties de la tige ne sont pas solidaires, bien que la rotation de l'une puisse se transmettre à l'autre. Lorsque dans le battage, l'outil que porte la partie inférieure vient frapper le fond du trou, la partie supérieure demeure suspendue au câble de l'engin et continue à descendre en glissant le long de la coulisse sans participer aux vibrations produites par le choc dans la partie inférieure ; il va sans dire que la levée du battage doit toujours être moindre que la longueur de la coulisse. La partie supérieure des tiges n'a donc d'autre fonction que de soulever la partie inférieure et de lui imprimer le mouvement de rotation pendant la manœuvre du battage. On soutient ou contre-balance la partie supérieure des tiges au moyen d'un contre-poids, ou d'un ressort de choc en bois analogue à celui que nous avons décrit en parlant des engins.



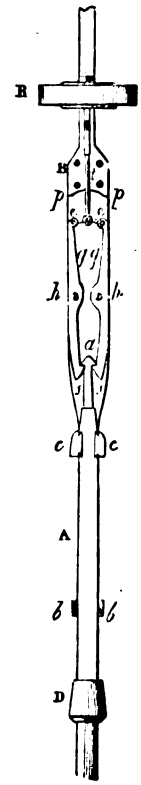
2352. 2353.

Cette division de la tige en deux parties de fonctions

Digitized by Google

essentiellement distinctes, a permis à Kind d'opérer un nouveau perfectionnement très important qui consiste d'une part à diminuer la longueur de la partie inférieure ou agissante de la sonde, en augmentant le poids de l'outil et l'écarrissage des tiges, et d'autre part à former la partie supérieure avec de longues tiges en bois qui pèsent un peu moins que le volume d'eau qu'elles deplacent dans le trou, de sorte que le poids à soulever par les ouvriers n'augmente point avec la profondeur du trou; il s'ensuit que l'on n'a pas besoin d'augmenter le nombre des ouvriers avec la profondeur.

Il y a environ dix-huit mois, M. Kind a imaginé de remplacer la coulisse que nous venons de décrire par une sorte de mouvement à déclic beaucoup plus parfait et représenté dans la fig. 2354. Le trépan placé à l'extrémité de la sonde se visse au bout de la tige D, terminée à sa partie supérieure par une pièce méplate A, laquelle est elle-même comprise et peut glisser entre deux platines p, p (on n'en voit qu'une sur la figure, la platine antérieure ayant été enlevée pour laisser voir le mécanisme du déclic), boulonnées à la pièce méplate B; cette dernière sert à les relier aux tiges supérieures de la sonde, par le moyen d'une barre carrée f, terminée par un tenon fileté. Pour empêcher la pièce A de quitter la platine, ces dernières sont réunies à leur partie inférieure par un anneau en fer $b\,b$, solidement boulonné, et la pièce A est munie d'oreillettes c, c, assemblées à rainures; cette pièce A est terminée au-dessus des oreillettes par une tige carrée portant à son extrémité une saillie triangulaire a, qui est saisie, à la remonte de la tige, par les pinces s, s; ces pinces se composent de deux branches $q\,s$, $q\,s$, terminées par les cames s, s, mobiles autour des boulons h, h, fixés aux deux platines, et réunis de l'autre côté par deux articulations c, c, à une double tige t, laquelle glisse dans l'épaisseur des platines et de la pièce B; les deux branches de cette double tige t sont liées à un disque R, formé de rondelles de cuir superposées, d'un diamètre à très peu près égal à celui du trou, assez flexibles pour que la résistance de l'eau puisse les courber, et serrées par des écrous entre deux disques de tôle d'un plus faible diamètre; le disque R est enfilé et peut glisser librement sur la barre f, depuis les platines jusqu'au renflement de la barre f, qui limite son ascension à la partie supérieure. Quand après avoir soulevé à une hauteur convenable la tige de la sonde, entraînant le trépan, on la laisse tomber librement, la résistance opposée par l'eau qui remplit le trou au mouvement du disque empêche ce dernier de suivre la tige qui descend d'abord sans lui; ce mouvement relatif ouvre les pinces, et le trépan, devenu indépendant de la tige, tombe plus rapidement. Le renflement supérieur de la barre f force bientôt le disque à suivre le mouvement de la tige, et à venir se placer de manière à ce que les cames s, s, soient au-



2354.

dessous de la saillie a, la résistance de l'eau sur le disque maintenant les pinces écartées. Lorsqu'on relève la sonde, la résistance de l'eau agissant en sens contraire, empêche encore la sonde de suivre le mouvement, les pinces se ferment, les cames saisissent la saillie a, et le trépan est entraîné dès que les oreilles c, c, viennent passer sur l'anneau $b\,b$.

C'est à l'aide de cet outillage perfectionné que Kind est parvenu à atteindre au trou de sonde de Mondorf, près Luxembourg, une profondeur qui est actuellement de plus de 700 mètres, c'est-à-dire environ de 450 mètres plus grande que celle du fameux puits de Grenelle.

Tubage définitif des trous de sonde. Les trous de sonde destinés, soit à amener au jour les eaux jaillissantes, soit à se débarrasser des eaux de la surface en les faisant absorber par une couche perméable, doivent être munis d'un tubage fait avec soin. Ce tubage a pour but de prévenir les éboulements, et surtout, dans les puits artésiens proprement dits, d'empêcher l'absorption d'une partie des eaux par les couches perméables; à cet effet, la base de ce tubage doit s'appuyer sur la couche imperméable qui recouvre immédiatement la couche aquifère, et il faut qu'il y ait une jonction exacte entre son contour extérieur et cette couche.

Le tubage avec des tuyaux en bois est le plus durable et le plus économique, mais il a le grave inconvénient de diminuer notablement le diamètre intérieur du trou de sonde, à cause de l'épaisseur considérable (0m,03 à 0m,04 au moins) qu'il faut donner aux tuyaux; on assemble ceux-ci à mi-bois et à emboîtement, consolidé extérieurement par des bandes ou un manchon en tôle mince noyé dans le pourtour du bois.

On emploie quelquefois des tubes en fonte assemblés, soit à emboîtement et à vis, soit à tabatière et recouvrement avec rivets; ils sont de plus longue durée que les tubes en tôle de fer. Ces derniers, seuls employés comme tubes de retenue, sont d'un mauvais service pour le tubage définitif, l'expérience ayant démontré qu'ils sont assez promptement détruits par l'oxydation, même avec les eaux les plus pures.

On se sert ordinairement de tubes en cuivre rouge laminé, quelquefois étamés à l'intérieur, et qui, recevant une épaisseur beaucoup moindre que ceux en tôle de fer, ne reviennent en définitive qu'à un prix plus élevé de moitié en sus, et durent infiniment plus longtemps.

Lorsque les eaux sont sulfureuses, on emploie avec avantage des tubes en zinc, comme l'a fait M. Degousée à Enghien.

Enfin, au puits de Grenelle, on s'est servi avec succès de tubes en tôle galvanisée.

Quel que soit le mode de tubage employé, le tube d'ascension étant descendu dans le trou, on l'assujettit, et on garnit le vide existant entre les parois du trou et le contour extérieur du tube, dans toute sa hauteur, en y coulant du bon béton.

Le tuyau d'ascension une fois établi, on le prolonge provisoirement au-dessus de la surface du sol, jusqu'à ce que l'eau ne puisse plus s'écouler par son orifice supérieur; on détermine ainsi le *niveau hydrostatique* des sources qui l'alimentent. On l'abaisse ensuite suivant la hauteur à laquelle on veut élever l'eau et le débit que l'on veut obtenir, ce dernier diminuant très rapidement à mesure que l'on élève le déversoir qui donne issue aux eaux montantes.

Lorsque l'on constate une certaine diminution dans le volume d'eau débité primitivement par un puits artésien, la première chose à faire est de déterminer de nouveau le niveau hydrostatique de ce puits.

Si ce niveau n'a pas varié, la diminution du volume d'eau tient, soit à une obstruction de la sonde, soit à un engorgement des canaux souterrains provenant d'éboulements intérieurs dans la couche aquifère, soit quelquefois à l'existence d'un nouveau puits foré dans le

Digitized by Google

voisinage. On remédie à l'obstruction du puits, en y faisant de nouveau passer la sonde armée d'une tarière, un cylindre avec soupape à boulet, ou tout autre instrument approprié. L'engorgement des canaux souterrains n'est en général qu'accidentel et momentané ; il suffit presque toujours, pour le faire cesser, de produire des variations brusques dans le mouvement de la colonne d'eau ascendante, soit en bouchant imparfaitement le tuyau avec un cylindre en bois et le retirant brusquement, soit en faisant jouer avec une grande vitesse dans le tuyau, un véritable piston de pompe garni d'un clapet.

Si le niveau hydrostatique s'est abaissé, l'accident est beaucoup plus grave, et il est à peu près certain que la diminution observée tient à un défaut de jonction du tube ascensionnel avec les bancs supérieurs à la couche aquifère, ou à des avaries survenues dans la hauteur de ce tube, par où une partie des eaux montantes s'infiltre dans les terrains perméables supérieurs. Il faut alors extraire le tube mal assujetti ou détérioré et lui en substituer un autre, opération délicate et coûteuse, qui nécessite presque toujours l'élargissement du trou de sonde dans une grande partie de sa profondeur.

SONDAGE A LA CORDE.

Le sondage à la corde ou *sondage chinois*, est le procédé de sondage le plus simple que l'on connaisse, et c'est le plus ancien, puisqu'il est employé de temps immémorial par les Chinois, qui n'en connaissent point d'autres. Il en est fait mention pour la première fois en Europe dans une relation d'un voyage pittoresque, publié à Amsterdam à la fin du dix-septième siècle, où il est dit que « les Chinois pratiquent des trous dans la terre, à de très grandes profondeurs, à l'aide d'une corde armée d'une main de fer, laquelle rapporte au jour les détritus du fond. » Plus récemment, en 1827, le missionnaire Imbert est venu confirmer ce fait, et donner des détails plus circonstanciés sur ce mode de forage, en faisant connaître ce qu'il avait observé dans la province de Ou-Tong-Kiao, où, dit-il, « on a trouvé, sur un espace de quatre lieues de large sur dix de long, plusieurs dizaines de mille puits, forés de temps immémorial, pour l'exploitation des eaux salées et des bitumes, qui se rencontrent à peu près à 1.800 pieds de la surface. » Quelques puits qui avaient perdu leur sel ont été poussés jusqu'à 3.000 pieds de profondeur, et ont donné naissance à ce qu'il appelle des volcans artificiels, c'est-à-dire à des courants de gaz hydrogène carboné, que l'on emploie pour produire la chaleur nécessaire à la cristallisation du sel dans des chaudières de fer, au nombre de plus de trois cents dans un seul établissement.

C'est après avoir eu connaissance de la relation du père Imbert, que notre savant collaborateur, M. *Jobard*, prit pour le sondage, au moyen de l'appareil chinois perfectionné, un brevet de 15 ans, actuellement tombé dans le domaine public, ce qui nous permet de décrire l'outillage aussi simple qu'ingénieux qu'il a imaginé.

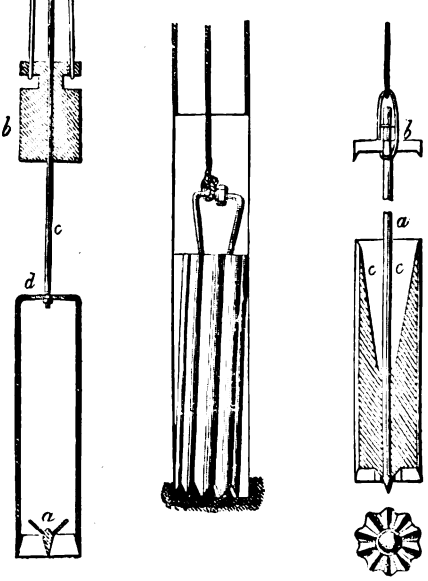
L'engin que l'on emploie ordinairement est très simple ; c'est une simple chèvre munie d'une poulie de renvoi et d'un treuil sur lequel s'enroule la corde. On imprime à celle-ci un mouvement de sonnette au moyen de plusieurs cordelettes, sur lesquelles agissent les ouvriers employés au battage ; ces cordelettes sont fixées à la corde par une sorte de porte-mousqueton que l'on peut faire glisser à volonté sur la corde, au fur et à mesure que le puits s'approfondit. La levée de la sonde varie de $0^m,30$ à $0^m,60$ au plus. On emploie des cordes en aloès ou des câbles en fil de fer avec âme en chanvre ; les cordes en chanvre présentent moins de résistance et de durée ; les Chinois se servent de cordes en bambou tressé.

Dans les terrains durs M. Jobard emploie un mouton ou pilon coulé en coquille, pour que les dents qui le terminent aient la dureté de l'acier. Ce mouton est représenté en coupe fig. 2355 et en plan fig. 2356. Il est terminé par une tige de fer *a*, portant à sa partie inférieure une pointe d'acier qui sert d'amorçoir et retombe toujours dans le trou de direction. Le haut de la tige, qui peut avoir plusieurs mètres, est muni d'une espèce de croix de Malte en acier *b*, ou seulement d'une simple couronne, pour prévenir toute déviation de l'outil de la ligne verticale. Le mouton est cannelé extérieurement pour permettre aux boues de se dégager, et il est creusé à l'intérieur de manière à former un cône renversé *c c*, destiné à recevoir les détritus qui jaillissent par les cannelures à chaque coup, pendant le battage. Quand ce cône intérieur est plein de détritus, ce qu'il est facile de savoir lorsqu'on connaît la capacité de ce cône, le diamètre du trou et l'avancement produit, on relève l'outil pour le vider.

Lorsque l'on se trouve obligé de recourir à un tubage pour soutenir les parois du trou, il est nécessaire, pour faire filer la colonne de tubes, de creuser au-dessous sur un diamètre plus grand : il suffit, pour cela, de suspendre le mouton par un point qui ne passe pas par son centre de figure, comme l'indique la fig. 2357 ; il incline alors d'un côté et produit, en tournant sur lui-même, un trou plus large que son propre diamètre, ce qui permet de faire filer le tubage sans effort.

Dans les terrains mous, M. Jobard se sert d'un emporte-pièce ou cuillère à soupape munie d'un mouton, comme le représente la fig. 2358 : *a*, *a*, sont deux soupapes qui s'ouvrent en ailes de papillon au fond d'un cylindre, formé d'une forte tôle aciérée à sa base ; quand il s'agit d'enlever de la boue, du sable ou de l'argile, il suffit de descendre cette cuillère au fond du trou

2355.



2358. 2357. 2356.

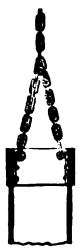
et de faire jouer le mouton *b* qui glisse le long de la tige *c* et frappe à petits coups sur la tuyère pour la faire entrer dans la matière molle ; cette matière soulève les soupapes et pénètre dans le cylindre ; quand on retire

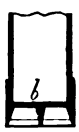
Digitized by Google

le tout, les soupapes se referment, si la matière est meuble; mais elles restent ouvertes si la matière est plastique, ce qui n'empêche pas celle-ci d être entraînée et amenée au jour. Quand il ne s'agit que de ramener des gros sables peu agrégés, des cailloux ou des galets roulés, il suffit, pour ramener la cuillère pleine, de lui imprimer pendant quelque temps un mouvement de sonnette, parce que la chute de cet instrument produit dans son intérieur un courant ascensionnel très rapide qui enlève les cailloux et les fait monter dans la cuillère, tandis que l'eau se dégage par les trous *d*, percés à la partie supérieure.

Une personne que nous citerons à cause du grand nombre de sondages a la corde qu'elle a entrepris et menés à bonne fin, bien qu'elle se serve d'un outillage moins parfait que celui que nous venons de décrire, M. Goulet-Collet, de Reims, emploie dans ses sondages l'instrument représenté en coupe fig. 2359 et en plan fig. 2360 : c'est un tube en forte tôle *a*, de 2^m de longueur, armé à sa base d'un cercle d'acier et de deux couteaux en croix *b*. Cet outil en tombant hache, pour ainsi dire, le fond du puits dans tous les sens; l'eau se déplace par l'intérieur, mais il a l'inconvénient de ne rien rapporter, et on est obligé de le retirer de temps en temps pour nettoyer le trou avec un cylindre a soupape ordinaire. Il en serait autrement si on plaçait à l'intérieur de ce long cylindre plusieurs étages de petits balcons creux, dans lesquels viendraient se déposer les matières solides qui sont élevées à chaque coup par l'eau.

2359.







2360.

Pour donner une idée de l'extrême bon marché du sondage a la corde, nous dirons que, bien que les outils de M. Collet ne soient pas disposés de manière a servir en même temps pour le curage du trou, cet habile sondeur fore, en ce moment, dans le terrain crétacé de la Champagne, des puits aussi profonds qu'on le désire, à 9 fr. le mètre courant; son appareil complet de sondage ne coûte pas 500 fr., et il fore, à l'aide de deux ouvriers seulement, de 8 à 11^m par jour dans la craie. M. Goulet a foré dans ce terrain, depuis quelques années, près de 100 puits, et chacun de ses puits a donné de l'eau pure à une fabrique ou à un particulier, pour la somme de 150 fr. à 300 fr. au plus.

Les nombres que nous venons de citer sont sans réplique, et nous ne comprenons pas qu'en présence de pareils résultats on emploie encore presque exclusivement le sondage avec des tiges rigides.

SONDAGE AVEC TIGE RIGIDE CREUSE, ET CURAGE CONTINU DU TROU.

Nous venons de voir que la principale cause de la lenteur du forage avec les sondes à tige rigide, venait de la nécessité ou l'on se trouvait de retirer de temps à autre l'outil du trou pour curer ce trou au moyen d'un outil approprié; nous avons également vu qu'on augmentait beaucoup la vitesse de forage en remplaçant la tige rigide par une corde, ce qui abrége considérablement la montée et la descente de la sonde, et en disposant l'outil foreur de manière a recevoir en même temps les détritus de l'opération, ce qui supprime l'emploi d'un outil particulier pour le curage. Au lieu de chercher à augmenter la rapidité de la manœuvre du curage du trou, comme on l'avait fait pour la substitution de la corde à la tige rigide de la sonde, on pouvait se proposer de faire disparaître cette opération en la rendant continue et indépendante du mouvement de la sonde; c'est en abordant la question sous ce point de vue, que M. Fauvelle est arrivé à l'ingénieuse solution que nous allons décrire :

L'appareil de M. Fauvelle se compose d'une sonde creuse, formée de tubes vissés bout à bout; l'extrémité inférieure de la sonde est armée d'un outil perforateur, approprié aux terrains qu'il s'agit d'attaquer. Le diamètre de cet outil est plus grand que le diamètre des tubes, afin de réserver autour de ceux-ci un espace annulaire, par lequel l'eau et les déblais puissent remonter. L'extrémité supérieure de la même sonde est en communication avec une pompe foulante au moyen de tubes articulés qui suivent le mouvement descendant de la sonde sur une longueur de quelques mètres. La sonde est animée d'un mouvement de rotation au moyen de tourne-a-gauche, ou de percussion par un treuil à déclic. La chèvre et le treuil pour monter, descendre et soutenir la sonde, ne présentent rien de particulier.

Lorsqu'on veut faire agir la sonde, on commence toujours par mettre la pompe en mouvement. On injecte jusqu'au fond du trou, et par l'intérieur de la sonde, une colonne d'eau qui, en remontant dans l'espace annulaire compris entre la sonde et les parois du trou, établit le courant ascensionnel qui doit entraîner les déblais; on fait alors agir la sonde comme une sonde ordinaire, par battage; et, à mesure qu'une partie de la roche est broyée ou détachée par l'outil, elle est à l'instant entraînée dans le courant ascensionnel. Il résulte de cette marche que les déblais étant constamment enlevés par l'eau, on n'a plus besoin de remonter la sonde pour les enlever, ce qui procure une très grande économie de temps. Un avantage aussi précieux, pour le moins, c'est que l'outil perforateur n'est jamais engorgé par les detritus et qu'il agit toujours sans entraves sur le fond du trou. Si l'on ajoute à cela que l'expérience prouve que les éboulements sont presque toujours nuls dans les terrains où la sonde en détermine presque toujours, on aura énuméré les principaux avantages de ce nouveau mode de sondage. Ils sont d'ailleurs constatés pour le forage que M. Fauvelle vient de faire, a Perpignan, sur la place Saint-Dominique. Ce forage, commencé le 1^er juillet 1846, était terminé le 23, par la rencontre de l'eau jaillissante à une profondeur de 170 mètres; si de ces vingt-trois jours on défalque trois dimanches et six journées perdues, il reste pour le temps réel employé au forage quatorze jours de travail effectif, à 10 heures par jour, ce qui représente un avancement moyen de 12 mètres par jour de travail.

Dans le système que nous venons de décrire, on voit que l injection de l'eau a lieu par l'intérieur de la sonde. L'expérience a fait reconnaître à M. Fauvelle que, lorsque l'on rencontre des graviers ou des pierres d'un certain volume, il était préférable d'injecter l'eau par le trou et de la faire remonter par l'intérieur de la sonde. La vitesse plus grande qu'il est possible d'imprimer à l'eau, et le calibre plus exact de l'intérieur de la tige de la sonde, permettent de remonter ainsi des pierres que la manœuvre ordinaire obligerait à broyer préalablement. M. Fauvelle a remonté, par ce moyen, des cailloux de 0^m,06 de longueur sur 0^m,03 de grosseur. L'idée de faire remonter l'eau par l'intérieur de la sonde, offre un moyen facile de forer au-dessous d'une nappe d'eau jaillissante sans avoir besoin de pompes; il suffira de fermer hermétiquement l'orifice du puits, de manière à laisser libre le jeu de la sonde, et à ce que l'eau jaillissante soit forcée d'aller toujours chercher le bas de la tige creuse pour trouver une issue; elle y entraînera et ramenera au jour tous les déblais. Dans les trous forés à une profondeur considérable et sur un grand diamètre, on pourra aisément réduire le poids de la sonde en faisant en bois la tige creuse, et faciliter ainsi la ma-

Digitized by Google

nœuvre ; mais dans ce cas, comme l'outil est fixé d'une manière rigide à la sonde, on amoindrira l'effet utile de l'outil sur la roche. On pourra bien, pour éviter la vibration de la tige, interposer une coulisse entre celle-ci et l'outil, seulement cette disposition ne remédiera pas à la perte de force vive due à la masse de la sonde, et nous ne voyons pas comment on pourra le faire, car l'obligation de conserver la circulation de l'eau s'oppose à l'emploi du déclic imaginé par Kind (voir plus haut page 3367), ou de tout autre mécanisme basé sur les mêmes principes.

SONDES DIVERSES.

Sondes employées dans l'intérieur des mines. On emploie la sonde dans l'intérieur des mines dans trois cas différents :

1° On exécute au fond des puits un forage vertical pour explorer le terrain inférieur. On se sert d'une sonde ordinaire et, même avec une tige rigide, on se passe d'engin, et on emploie un simple treuil placé sur l'orifice du puits ; on peut alors retirer ou descendre la sonde par parties d'une longueur considérable et égale à la profondeur du puits ;

2° On fore des trous de sonde pour établir des communications entre deux groupes de travaux, soit pour l'écoulement des eaux, soit pour les besoins de l'aérage. Ces communications sont verticales ou inclinées, et ont généralement une faible longueur, ce qui en rend le forage assez facile ; il est souvent nécessaire de leur donner un diamètre considérable, et qui dépasse quelquefois 0m,50. Lorsqu'elles sont verticales on les exécute par le sondage à la corde ; quand elles sont inclinées, on ne peut les forer qu'avec une sonde à tige rigide ;

3° Enfin, et surtout dans les mines de houille, on se fait fréquemment précéder par des trous de sonde destinés à reconnaître le terrain, pour s'assurer contre le danger des lacs souterrains ou des mofettes ; ces trous doivent être faits sur le plus faible diamètre possible, parce qu'il est bien plus aisé de les boucher au besoin. La tige de la sonde est en fer rond de 0m,015 à 0m,025 de diamètre, et l'outil qui la termine a 0m,030 à 0m,035 au plus de large. Les trous ayant au maximum 4 ou 5m de profondeur, la sonde est exclusivement manœuvrée à bras par deux hommes. On exécute généralement ces trous dans l'épaisseur des gîtes exploités, et à peu près parallelement au plan des couches, les uns sur le front des tailles ou galeries, dans la direction même de l'axe de ces dernières, les autres dans les angles et dans des directions formant des angles de 45° avec la précédente.

Sonde du tourbier. Nous terminerons cet article par quelques mots sur la sonde spéciale dont se sert fréquemment le tourbier pour l'exploration du sous-sol. Cette sonde, terminée par une tarière d'un faible diamètre, a une tige rigide en fer divisée en parties égales, dont chacune représente la hauteur que l'on donne, dans le pays, aux pointes de tourbe. Le tourbier enfonce chaque fois la tarière d'une profondeur égale à une division de la tige, et détermine ainsi, d'abord l'épaisseur des terres de recouvrement, puis celle du banc de tourbe, estimée en pointes, et sa qualité au niveau de chacune de ces dernières. P. DEBETTE.

SONNETTE. Voyez CHOC, MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et SERRURERIE.

SOUDE (*angl.* et *all.* soda). Dans le terme générique *soude*, nous avons à comprendre plusieurs produits qui ont dans l'industrie une grande importance. Ainsi la soude, considérée à l'état caustique, constitue les lessives des savonniers et des blanchisseurs ; à l'état de carbonate, elle constitue : 1° le sel de soude du commerce ; 2° les cristaux de soude, sans parler de la soude brute, qui est la matière première du sel de soude, ni des sesqui-carbonate et bi-carbonate.

Avant de nous occuper des procédés de fabrication de ces divers produits et de leurs usages, il faut d'abord en étudier les propriétés.

Soude ou oxyde de sodium. Cette substance n'est employée qu'à l'état d'hydrate. L'hydrate de soude est un corps blanc, solide, fusible au-dessous de la chaleur rouge, très caustique. Il est indispensable de le conserver à l'abri du contact de l'air, car exposé à l'air il en attire fortement l'acide carbonique et passe à l'état de carbonate. Il a d'ailleurs une grande analogie avec la potasse pour les propriétés, tant physiques que chimiques (voir POTASSE).

Carbonate de soude neutre. Ce sel est blanc, d'une saveur âcre, un peu caustique ; il agit comme les alcalis. Il est très soluble dans l'eau, et plus à chaud qu'à froid. Il présente, sous le rapport de ses propriétés chimiques, beaucoup d'analogie avec le carbonate de potasse, mais il en diffère essentiellement par ses propriétés physiques.

Il s'obtient en très beaux cristaux, tandis que le carbonate de potasse est incristallisable. Il s'effleurit au contact de l'air, tandis que le carbonate de potasse tombe en déliquescence. Il éprouve la fusion aqueuse et, par une élévation de température, la fusion ignée. Il est indécomposable par la chaleur.

Voici sa composition :

1° A l'état sec :	
Acide carbonique.	41,42
Soude.	58,58
	100,00
2° A l'état cristallin :	
Acide carbonique.	15,43
Soude.	21,81
Eau.	62,76
	100,00

Sesqui-carbonate. Pendant longtemps il a été confondu avec le carbonate ordinaire, mais sa composition et ses propriétés sont bien différentes. Ainsi, il est inaltérable à l'air ; il se conserve même si bien, qu'on assure que les murailles de Cassar, fort d'Afrique, actuellement en ruines, ont été construites avec des masses considérables de ce sel, qui se rencontre dans quelques lacs de cette contrée.

C'est presque toujours le sesqui-carbonate de soude qu'on a rencontré dans la nature. Celui qu'on retire des lacs est mêlé avec une certaine quantité de sel marin et de sulfate de soude ; il porte dans le commerce le nom de *natron*.

Quelques lacs d'Egypte et de Hongrie étant à sec chaque année pendant les grandes chaleurs, on trouve abondamment sur leur fond solide et pierreux des masses salines d'un gris rougeâtre, qu'on détache au moyen de pioches et autres instruments de fer. Cette matière est le natron. En hiver, les mêmes lacs se remplissent d'une eau fortement colorée qui transsude à travers les pierres, et qui, s'évaporant au retour de la belle saison, laisse chaque année aux riverains une récolte de ce riche don de la nature, qui ne leur coûte que la peine de le ramasser. Ce sel a dû attirer depuis fort longtemps l'attention des peuples anciens, qui, ne connaissant pas d'autre carbonate de soude, l'ont appliqué à la fabrication du verre et des lessives.

MM. Boussingault et Mariano de Rivero ont observé, en Colombie, une espèce de sesqui-carbonate de soude nommée *urao* dans le pays.

Les carbonates de soude se trouvent aussi dans un grand nombre d'eaux minérales, dont les plus connues en France, et peut-être celles qui renferment le plus de ces sels, sont les eaux de Vichy, dans l'Allier. Cette circonstance a fait soupçonner que dans un grand nombre de localités, ces sels sont amenés à la surface du terrain

Digitized by Google

Par des eaux qui sont plus ou moins chargées, en sorte qu'il a pu s'en faire des dépôts plus ou moins considérables dans les temps anciens.

Bi-carbonate. Ce sel contient deux fois plus d'acide carbonique que le carbonate neutre. Bien préparé, il est très blanc; il n'a qu'une faible saveur alcaline, mais verdit sensiblement les couleurs bleues végétales. Si on fait bouillir sa dissolution, une partie de l'acide se dégage et il se forme du sesqui-carbonate.

Il est susceptible de cristalliser, mais généralement on le trouve sous la forme de croûtes d'une texture feuilletée. Il n'est pas très soluble dans l'eau, car 100 parties d'eau n'en dissolvent que 2,33.

Nous venons d'énumérer les principales propriétés des carbonates de soude et de l'hydrate de soude, parlons maintenant des procédés de fabrication.

Bien longtemps le carbonate de soude s'est extrait exclusivement, en France et en Espagne, des plantes qui croissent sur le bord de la mer, telles que le *salicornia europæa*, le *salsola tragus*, l'*atriplex*, le *salsola kali*. On cultive avec soin, sous le nom de barille, l'espèce la plus estimée des *salsola*. Ces plantes contiennent de l'oxalate de soude, qui est transformé en carbonate par la calcination.

Les plantes étant coupées et séchées, on les brûle en plein air dans des fosses. La chaleur résultant de cette opération et la proportion des substances salines sont telles que, si on brasse fortement les cendres lorsqu'elles sont encore rouges, elles forment de petites masses en demi-fusion. On trouve, après le refroidissement, une masse très dure, de couleur ardoisée, et très riche en alcali, à laquelle on donne le nom de soude. Les soudes brutes, ainsi obtenues, renferment en proportions diverses du carbonate et du sulfate de soude, du sulfure de sodium, du sel marin, du carbonate de chaux, de la silice, de l'oxyde de fer, et enfin du charbon échappé à l'incinération.

Les soudes les plus estimées sont celles d'Alicante, de Malaga, de Carthagène; elles contiennent de 25 à 30 p. 100 de carbonate de soude sec. Les soudes que l'on récolte en France ne sont pas aussi riches; la soude de Narbonne contient 14 à 15 p. 100 de carbonate de soude, et la *blanquette*, ou soude d'Aigues-Mortes, 3 à 8 p. 100.

Enfin, on connaît dans le commerce sous le nom de *soude de Varech* un produit que sa composition rend très digne de figurer parmi les potasses. La soude de Varech se prépare sur la côte de Normandie, au moyen de plantes marines connues sous le nom de *goemon;* c'est un fucus, qui peut flotter sur l'eau, que l'on exploite. Cette propriété permet d'en former des radeaux, que l'on fait aisément arriver aux endroits où ils doivent être brûlés. La combustion s'en fait dans une fosse, et à mesure que le résidu de l'incinération entre en fusion on le rassemble en masse; c'est ce qu'on appelle la soude brute. Pour en extraire les sels de Varech, on lessive cette soude et on évapore la liqueur. On obtient des sels formés à peu près de :

Sulfate de potasse.	19	100
Chlorure de potassium. . . .	25	
Sel marin.	56	

M. Gay-Lussac, qui en a analysé plusieurs, regarde cette composition comme une moyenne. Comme on le voit, ces sels sont d'un grand intérêt par leur richesse en potasse, ce qui permet de les appliquer à la fabrication de l'alun et à celle du salpêtre. On reconnaît les sels de Varech à la présence de quelques traces d'iodure de potassium.

Avant la révolution française on ne connaissait dans les arts que les soudes naturelles, et comme notre pays est peu riche en ce produit, c'étaient principalement les soudes d'Espagne, d'ailleurs très estimées, qui alimentaient la consommation. En 1793, lorsque la guerre vint interrompre les relations commerciales entre les deux pays, le Comité de salut public, pour répondre aux besoins de nos manufactures, et surtout de nos fabriques de savon, fit un appel à tous les chimistes français pour la recherche d'un procédé propre à la production. A cette glorieuse époque de dévouement et de prodiges de toute espèce, on décrétait, pour ainsi dire, les découvertes utiles à la patrie en même temps que les victoires, et l'ère de la régénération politique fut aussi celle de la science. L'appel du Comité de salut public fut entendu; plusieurs procédés furent proposés et essayés; mais de tous, celui de Leblanc, chirurgien français, est seul resté. Une fabrication de trente ans n'y a guère apporté de modifications; c'est donc, à très peu de chose près, le procédé de Leblanc que nous allons décrire.

Delamétherie avait donné, dans le cours de chimie qu'il faisait au collége de France, avant la révolution, les premières indications sur la fabrication de la soude artificielle. Il conseillait l'emploi du sulfate de soude et du charbon. Leblanc, qui s'occupait alors de chimie et suivait les cours de cet illustre professeur, essaya ce procédé; mais, ne réussissant pas, il fut, dans la suite de ses expériences, conduit à ajouter du carbonate de chaux.

Le sel marin est le produit naturel qui sert de base à l'opération; ce chlorure de sodium est transformé par l'acide sulfurique en sulfate de soude, qui passe lui-même à l'état de carbonate sous l'action simultanée de la chaleur, du charbon et de la craie.

On sait déjà ce qui se passe dans la réaction de l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium. Pour transformer le sulfate de soude sec en carbonate, on emploie 100 parties de sulfate de soude, 100 de craie et 55 de charbon. Il y a formation de carbonate de soude et de sulfate de chaux, qui est réduit par le charbon à l'état de sulfure de calcium, qui s'unit à une partie de chaux provenant de la décomposition du carbonate de chaux. La dose du sulfate de soude varie avec sa pureté. Le sulfate des bastringues (voir plus bas) ne contient que 3 à 4 p. 100 de matières étrangères, tandis que le sulfate des cylindres en renferme 20 à 22 p. 100; aussi faut-il, pour lui, porter sa dose de 100 à 125.

Il a été parlé à l'article *acide* HYDROCHLORIQUE des appareils que l'on emploie quelquefois pour la fabrication du sulfate de soude, mais quand cette fabrication est très importante, le procédé des cylindres n'est pas employé pour plusieurs motifs : d'abord parce que la décomposition n'est pas complète (1) dans les cylindres, et que le sulfate de soude qui en provient contient toujours du fer et un excès d'acide nuisible dans beaucoup d'emplois; ensuite, parce que le procédé des fours, dont nous allons parler, est plus économique. Cette transformation du sel marin en sulfate de soude, qui est très facile en elle-même, cause de grands embarras, précisément à cause de l'énorme quantité d'acide hydrochlorique, dont il est quelquefois impossible de trouver le placement (2), et dont on ne peut obtenir la condensation sans de grands frais. Si cet acide pouvait sans inconvénient s'échapper dans l'atmosphère, voici le procédé qu'on suivrait généralement dans les localités où on ne peut tirer parti de l'acide hydrochlorique, procédé qu'on a suivi et qu'on suit encore quelquefois.

On fabrique dans un même four le sulfate de soude et la soude. C'est ce four double à réverbère dont la sole est divisée en deux compartiments elliptiques et dont la voûte est très basse. La première portion de la sole, celle la plus rapprochée du foyer, est destinée à la fabrication de la soude. La seconde est réservée à la fabrication du

(1) Pour la décomposition complète, il faut à la fin de l'opération pousser la température au rouge.

(2) C'est ce qui arrive pour les fabriques de Marseille.

Digitized by Google

sulfate; elle est toujours en grès et dure à peine quelques mois, à cause de l'action énergique de l'acide sulfurique. On fait tomber l'acide sulfurique sur le sel marin au moyen d'une ouverture pratiquée dans la voûte Le sulfate de soude produit est retiré par une porte latérale du four et reçu sur le sol de l'usine. On le broie ensuite avec du charbon et de la craie, et on introduit le mélange dans la première partie du four, dont la sole doit être rouge. On brasse la matière de quart d'heure en quart d'heure; au bout de quelques instants elle devient pâteuse et puis entre en fusion; il se dégage alors une foule de bulles d'oxyde de carbone qui viennent brûler au contact de l'air. Il se dégage aussi de l'acide hydro-sulfurique et de l'hydrogène carboné, dont l'hydrogène est fourni par l'eau qui se trouve dans les matières employées. Lorsque l'opération est terminée, on enlève la soude au moyen d'un rable en fer, avec lequel on l'attire dans de grands plateaux en fonte.

Avec un four dont la sole du premier compartiment a $3^m,30$ de long sur $2^m,65$ de large, et celle du deuxième compartiment $2^m,65$ de long sur $2^m,30$ de large, on peut décomposer en vingt-quatre heures 1.600 kil. de sel marin au moyen de 2.000 kil. d'acide sulfurique à 50°, et l'on obtient 2.000 kil. de sulfate de soude qui, mêlés avec 2.000 kil. de craie et 1.000 à 1.060 kil. de charbon, sont transformés en soude, et en fournissent 1.300 kil. de bonne qualité.

Dans quelques usines on a imaginé, pour mieux profiter encore de la chaleur perdue, de disposer le four en trois compartiments. Le plus éloigné du foyer sert à la décomposition du sel; l'intermédiaire termine cette décomposition; enfin, celui qui est le plus près du foyer est destiné à transformer le sulfate en soude brute.

Ce procédé du four double ou triple présente, pour la condensation de l'acide hydrochlorique, des obstacles insurmontables; car le tirage qu'exige la fabrication de la soude est si grand, qu'il est, pour ainsi dire, impossible d'y appliquer avec fruit aucun des moyens de condensation décrits sans nuire au succès de l'opération; de plus, les produits gazeux, formés dans la transformation du sulfate de soude en carbonate, nuit singulièrement à la condensation des vapeurs d'acide hydrochlorique et à la qualité de l'acide recueilli. D'un autre côté, l'absence de condensation peut être la source de très graves inconvénients; car l'acide, entraîné dans la cheminée, cause aux environs des dommages considérables pour la santé des habitants, pour la végétation qu'il détruit, et même pour les habitations qu'il détériore. Ainsi, dans les environs des fabriques de soude, tous les clous des toitures en ardoises sont rapidement corrodés, lorsque l'acide n'est pas condensé ou ne l'est qu'incomplétement.

Aussi des règlements de police, auxquels on ne tient peut-être pas assez la main, ordonnent expressément aux fabricants de soude de condenser tout l'acide hydrochlorique.

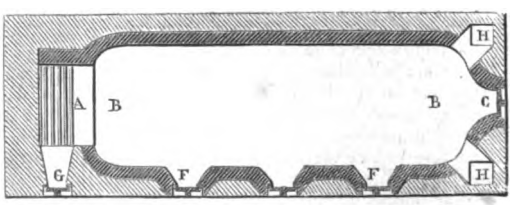
Pour arriver à ce but, on opère la fabrication du sulfate dans un four spécial double à réverbère, c'est-à-dire que la décomposition du sel, commencée dans la partie la plus éloignée du foyer, se termine dans la partie la plus rapprochée. On décharge le deuxième compartiment du four, lorsque le dégagement d'acide hydrochlorique cesse d'être abondant, et que l'état de fluidité a diminué très sensiblement. On tire alors la matière par une ouverture latérale sur les dalles en grès de l'atelier, ce qui causerait un dégagement de vapeurs acides nuisibles aux ouvriers, si le four n'avait pas, dans le deuxième compartiment, deux parties, l'une pour défourner, l'autre en face et au dehors pour recharger. Dans l'origine, il se trouvait, dans ce deuxième compartiment, une bassine en plomb, dans laquelle on faisait agir l'acide sulfurique sur le sel marin. La bassine en plomb a été, comme nous l'avons dit, remplacée par des dalles en grès. L'appareil que nous venons d'indiquer porte quelquefois le nom de *bastringue*.

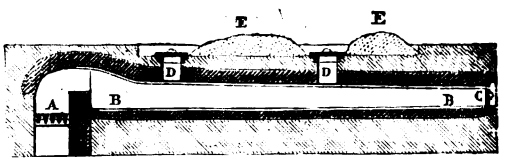
On dirige la fumée dans une série de condenseurs, au sortir desquels elle est conduite dans la cheminée d'un four à soude, qui forme appel à cause de son grand tirage; ou bien encore on dirige les vapeurs dans une vaste chambre remplie de blocs de carbonate de chaux, et de là elles passent dans un long canal ou galerie garnie de semblables moellons plus tendres et plus spongieux superposés à sec, de façon à laisser entre eux beaucoup d'interstices libres, et dont les parois sont faites aussi avec des blocs calcaires; et, quand on le peut, on adosse ce canal à une colline, de manière à le faire servir en même temps de cheminée. Dans le cas contraire, il faudrait élever à l'extrémité une cheminée d'appel pour la fumée. Quand on a des masses d'eau convenable pour concourir à cette condensation, il est toujours possible d'y parvenir; il suffit de faire passer le gaz à travers une tour remplie de cailloux, qui sont arrosés sans cesse par un filet d'eau. Un canal en pente ferait le même effet qu'une tour.

Les vapeurs d'acide hydrochlorique attaquent le carbonate de chaux, forment du chlorure de calcium soluble, et dégagent de l'acide carbonique : la plus grande partie de l'acide hydrochlorique peut être ainsi éliminée avant que les gaz n'arrivent à la cheminée. Ce mode de condensation, assez efficace, offrait cependant un inconvénient assez grave : les murs des canaux de condensation, promptement attaqués, exigeaient des réparations fréquentes et dispendieuses. Il paraît que, il y a plusieurs années, on est parvenu, après bien des essais, à préserver ces murs au moyen du marc ou résidu du lessivage de la soude brute, qu'on y applique en couche épaisse et fortement tassée.

C'est spécialement pour les fabriques de soude de Marseille, très nombreuses à cause des importantes savonneries de ce pays, que la condensation simple et peu coûteuse de l'acide hydrochlorique présente un grand intérêt; car il est impossible d'utiliser dans la contrée plus qu'une fraction de l'acide hydrochlorique dégagé dans la fabrication du sulfate de soude. Pour cette localité, la fabrication du sulfate par le procédé Balard, dont nous parlerons plus tard, serait d'une utilité incontestable au point de vue de la salubrité.

2361.





2362.

La figure 2361 représente le plan, et la figure 2362 la coupe d'un four de très grande dimension (four de

Digitized by Google

M. Clément-Desormes). A, foyer; BB, four proprement dit; DD, ouvertures percées dans la voûte du four, et destinées à introduire le mélange de sulfate de soude, de craie et de charbon, mélange dont deux tas sont représentés en E, E; C, FFF, portes de travail; G, porte du foyer; H, H, ouvertures conduisant à la cheminée les produits de la combustion.

La forme et les dimensions d'un four à soude ont une grande influence, tant sur la qualité que sur le prix de revient du produit. D'abord, plus le four est grand, moins la dépense en combustible est considérable pour une même quantité de soude.

Le tableau suivant prouve combien la grandeur des fours influe sur la qualité et sur la quantité des produits obtenus.

FOURS.	Longueur.	Largeur.	Produits par jour.
Leblanc et Dizé. . . .	2m	1m,50	375×5= 1.875k à 30c
Payen. . . .	3m	1m,66	500×6= 3.000k à 33c
D'Arcet. . .	Pas de renseignements.		
De Marseille.	3m,25	2m,66	467×6= 2.802k à 32c
Clément. . .	6m	2m,00	1500×6= 9.000k à 40c
	9m	3m,00	3000×6=18.000k à 40c

Quant à la forme du four, nous dirons que la forme elliptique est la seule convenable pour que la température puisse être uniforme dans toutes ses parties, et l'uniformité de chaleur est la condition indispensable pour que la soude soit d'une qualité marchande. Ainsi, lorsque Leblanc, qui s'associa avec Dizé, voulut passer de ses essais de laboratoire faits dans des creusets, et ayant parfaitement réussi, à l'application industrielle, la soude qu'il fabriqua fut refusée par le commerce comme empreinte d'une forte odeur de soufre. La faute provenait de la forme rectangulaire qu'il avait donnée au four; la chaleur à l'endroit des arêtes n'était pas assez forte pour achever la décomposition. C'est donc à un défaut dans la construction de son fourneau que Leblanc dut la non réussite de son entreprise. Cet échec recula de quelques années la fabrication de la soude artificielle en France, et c'est à d'Arcet qu'on est redevable d'avoir perfectionné le four de Leblanc et Dizé, et d'avoir ainsi rendu à l'industrie un service signalé, en amenant, à l'état de réalité, cette fabrication qui n'était encore qu'à l'état d'espérance.

Quant à Leblanc, son insuccès causa sa ruine au moment où il pouvait s'attendre à se voir indemniser de ses longs travaux et des sacrifices d'argent qu'il avait dû faire dans le cours de ses expériences; et celui à qui la France est redevable d'une branche d'industrie si importante, qui a affranchi nos manufactures d'un tribut annuel de plus de 20 millions de francs, mourut de chagrin et presque de misère dans un hôpital. Voilà la récompense qui, trop souvent, attend, dans notre pays, ceux qui se sacrifient pour l'intérêt général.

Revenons maintenant à la fabrication de la soude. Si la soude est destinée aux blanchisseurs, le sulfate qu'on emploie contient de préférence 10 pour 100 de sel marin, qui rend la soude plus soluble; par la même raison, on fait usage, dans la décomposition du sulfate, de charbon, dont une partie est en morceaux assez gros : ce charbon n'est pas entièrement brûlé, et ses fragments assez volumineux restent engagés dans la pâte de la soude brute; ces fragments concourent à faciliter l'accès de l'air, la division, et par suite le lessivage.

Pour préparer quelques autres soudes, notamment celles des savonneries, on laisse également dans le sulfate un excès de sel marin. Dans toutes les autres circonstances, le sulfate doit être pur.

Le charbon de bois peut, dans la fabrication de la soude, être généralement remplacé par la houille ou charbon de terre, qui est plus économique.

Les proportions que Leblanc et Dizé avaient indiquées dès la découverte du procédé sont restées à peu près les mêmes; voici comment on peut représenter théoriquement en équivalents les réactions, comme elles se passent probablement.

Produits employés :

2 at. sulfate de soude sec. . . .	= 1782
3 at. carbonate de chaux. . . .	= 1893
11 at. charbon.	= 825
	4500

Produits obtenus :

2 at. carbonate de soude sec. . .	= 1330
2 at. sulfure de calcium, 3 at. chaux (combinés).	= 1270
10 at. oxyde de carbone. . . .	= 1750
1 at. de charbon, perte, etc. .	= 150
	4500

Ou bien en formules on a :

$$2(SoO,SO^3)+3(CaO,CO^2)+11C=2(SoO,CO^2)+2(CaS)+CaO+10CO+1C$$

Voici maintenant deux comptes de fabrication de la soude brute, l'un à Paris, l'autre à Marseille, donnés par M. Payen dans son cours du Conservatoire.

A Paris :

14.982 kil. sulfate des cylindres à 17 fr.	2.546f,94c
13.500 kil. craie à 10 fr. les 1000 kil. .	135f, »
7.680 kil. poussier de charbon à 3 fr. 75 c. les 100 kil.	283f, »
Frais généraux et main-d'œuvre. . .	400f, »
10 voies de houille à 40 fr.	400f, »
Embarillage.	180f, »
Transport, escompte et perte. . . .	335f,06c
Total. . .	4.285f,00c

Produit : 22.400 kil. soude brute.

22.400 : 4.285 fr. :: 100 : 19 fr.

A Marseille :

Sel marin, 3.600 kil. à 1 fr. . . .	36	588 f.
Acide sulfurique à 50c,4.500 kil. à 10 f.	450	
Main-d'œuvre et frais généraux. .	62	
Houille, 20 hectolitres.	40	
Craie 4.500 kil. à 10 f.	45	250 f.
Houille combustible et mélange, 5000k	125	
Main d'œuvre et frais généraux.. .	80	
Total. .		838 f.

Produit : 6.160 kil. soude.

6.160 : 838 :: 100 : 13,60.

Nous devons faire remarquer, à propos de ces comptes de revient, que le sulfate de soude des cylindres ne vaut aujourd'hui à Paris que 12 francs les 100 kil., que la houille, hors barrière, ne vaut guère que 35 francs la voie. D'un autre côté, nous pensons qu'à Marseille l'acide sulfurique des chambres ne vaut pas plus de 8 fr. les 100 kil. Du reste, comme ces matières varient de prix assez souvent, il faudra changer ces prix suivant les circonstances. M. Payen fait remarquer judicieusement qu'à Marseille les matières premières coûtent moins cher qu'à Paris, mais qu'en revanche l'acide hydrochlorique a une plus grande valeur dans cette dernière ville; de sorte qu'il y a presque compensation pour le prix de revient dans ces deux lieux de production.

Les emplois de la soude brute sont aujourd'hui bien

Digitized by Google

moins importants qu'autrefois : dans la plupart des cas, on préfère employer le sel de soude, ou soude raffinée, dont nous allons parler.

Soude raffinée. Outre ce nom et celui de sel de soude, le produit du raffinage de la soude brute portait encore, il y a quelques années, les noms de *soude blanche*, *petite potasse*, *potasse factice* : celui de sel de soude prévaut généralement aujourd'hui.

Le raffinage de la soude est une opération fort simple, puisqu'elle se borne à lessiver la soude brute, rapprocher la solution, dessécher et calciner le produit salin obtenu ; elle présente cependant quelques difficultés en raison de la forme plastique du marc ou matières insolubles, forme qui s'oppose à la pénétration de l'eau.

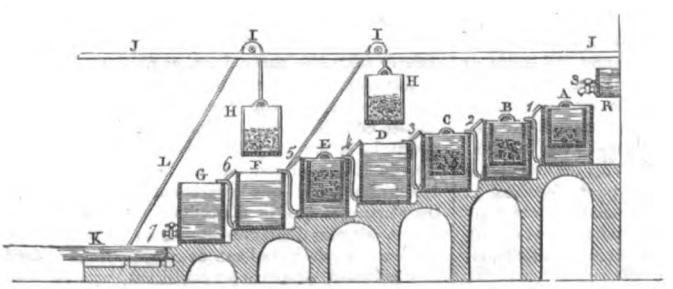
On peut opérer le lessivage des soudes brutes par trois procédés différents qui sont le touillage, la filtration et l'appareil de double déplacement.

Le procédé de touillage a été indiqué par Loysel et décrit exactement dans tous ses détails par ordre du Comité de salut public. La soude tamisée est délayée dans environ quatre fois son poids d'eau, on laisse déposer pendant une heure et demie, et ensuite on décante la liqueur surnageante, qu'on rend plus riche en la délayant avec de la soude non encore lavée, tandis que le marc du premier touillage est traité par de l'eau pure, et ainsi de suite. C'est donc un lavage méthodique qui, pour sa mise à exécution, exige cinq ou six tonneaux : ce procédé donne des dissolutions qui marquent 17° à l'aréomètre, et il présente cet inconvénient que l'eau n'agit que lorsque le mélange est mis en mouvement.

Le procédé de filtration, bien connu d'ailleurs, est méthodique, comme le précédent, mais il présente cet avantage que l'eau filtrant à travers une couche de soude, la solution qui s'écoule est continuellement remplacée par de l'eau moins chargée.

Le procédé de déplacement, analogue au procédé de touillage, en diffère cependant essentiellement en ce que le liquide et la soude marchent tous les deux en sens contraire. La fig. 2363 représente la coupe générale d'un appareil à double déplacement.

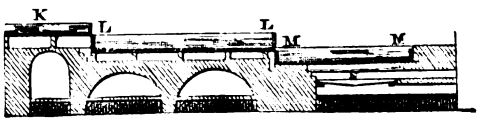
A, B, C, D, E, F, sont des vases en tôle ou en fonte dans lesquels s'opère le lessivage de la soude brute ; G, dernier vase où on laisse déposer la dissolution de soude avant de la soutirer dans les chaudières d'évaporation ; H, panier en tôle, dont le fond seul est percé de trous nombreux : c'est dans ces premiers qu'on place la soude qu'on veut lessiver ; I, chariot à poulie servant à transporter les paniers remplis de soude d'un vase inférieur à un vase supérieur ; J, petit chemin de fer suspendu sur lequel se meut le chariot qui doit transporter les paniers en tôle ; K, réservoir d'eau alimentant le premier vase A au moyen d'un robinet S.



2363.

1, 2, 3, 4, 5 et 6, tuyaux en fonte faisant communiquer la partie inférieure d'un vase avec la partie supérieure du vase suivant. On remarquera que ces tubes sont disposés de manière à pouvoir déverser le liquide dans les paniers ; ce liquide est donc obligé de traverser toute la soude brute contenue dans ces derniers avant de sortir des vases. Cette disposition est une véritable amélioration apportée à l'ancien procédé qui consistait à avoir des paniers percés de trous dans toute leur hauteur, et à faire arriver le liquide dans le vase, au lieu de le faire tomber au-dessus du panier. On gagne par cette modification 4 ou 5 degrés de concentration, c'est-à-dire qu'on obtient ainsi des dissolutions à 20 et même à 23 degrés, et on diminue sensiblement les frais d'évaporation.

La dissolution est décantée dans les chaudières d'évaporation K, L, M (fig. 2364), en tôle, alimentées par le



2364.

robinet 7. Ces chaudières en gradins sont chauffées par les produits de la combustion du foyer V. Lorsque la dissolution marque à chaud 28 à 30° dans la chaudière M, on la fait couler sur la sole d'un four à réverbère, où la dessiccation et la granulation s'opèrent. Ce four est chauffé au coke très modérément d'abord, afin d'éviter l'agglomération en masses et en croûtes adhérentes à la sole ; on remue aussi constamment. Lorsque le dessèchement semble complet, on chauffe plus fortement afin de faire rougir le sel et de brûler quelques matières organiques qui le saliraient. L'opération terminée, on défourne et on laisse refroidir sur un plateau en tôle avant d'embariller.

Pendant le lessivage de la soude brute, toutes les matières solubles qu'elle contient se dissolvent ; ainsi en supposant que, dans la décomposition du sulfate de soude par la craie, il se formât seulement du carbonate de soude et du sulfate de chaux, lors de la dissolution il se reformerait du sulfate de soude et du carbonate de chaux, et il se produirait une décomposition analogue si au lieu de sulfate de chaux il n'y avait que du sulfure de calcium ; aussi faut-il que ce sulfure se trouve combiné à de la chaux, avec laquelle il forme un oxy-sulfure insoluble.

Quel que soit le procédé de lavage, il importe de ne se servir que d'eau ou de solutions froides ou tièdes ; si l'on faisait usage d'eau ou de solutions bouillantes, on favoriserait la dissolution et la réaction du sulfure de calcium, et on obtiendrait des lessives sulfurées. On trouve, dans le commerce, du sel de soude à divers degrés de richesse, degrés que l'on titre par l'alcalimètre (voir ALCALIMÈTRE). Le bon sel de soude titre au moins 80°. Il vaut aujourd'hui 43 francs les 100 kil. en gros.

Ce serait ici le moment de parler des procédés qui ont été proposés depuis quelques années pour la fabrication du sel ou carbonate de soude ; cependant il nous semble préférable de remettre leur description après l'étude que nous avons à faire des dérivés du carbonate de soude.

Carbonate de soude ou *cristaux de soude.* Le sel de soude qu'on emploie à la fabrication des cristaux doit être le plus blanc et le plus riche du commerce ; on

Digitized by Google

commence assez souvent par lui faire absorber le plus possible d'alcali carbonique de l'atmosphère, car le sel de soude contient toujours une quantité plus ou moins forte de soude caustique ; pour cela, on l'étend à l'air en couches minces qu'on remue de temps en temps pour arriver plus facilement au but proposé ; puis on fait dissoudre, et dans la dissolution on fait passer quelquefois de l'air atmosphérique au moyen d'un tambour ventilateur à force centrifuge, toujours en vue de carbonater la soude caustique. Lorsque la dissolution faite nécessairement dans de l'eau bien chaude marque 30° à l'aréomètre de Beaumé, on opère une sorte de clarification en y ajoutant un demi-millième de chaux vive qu'on délaie bien dans toute la masse, puis on laisse déposer ; il se forme du carbonate de chaux qui, en se précipitant, entraine les corps étrangers. Dès que la température est descendue à 60 ou 70°, on tire au clair dans des cristallisoirs en zinc ou en cuivre, ou dans de grandes terrines d'une capacité de 50 litres La cristallisation doit se faire dans un lieu à température constante, de manière qu'elle dure trois ou quatre jours ; lorsqu'elle est à son terme, on fait égoutter les terrines, et on porte les pains de cristaux dans une étuve où la dessiccation se termine. Le carbonate doit de suite être emballé dans des tonneaux bien clos en bois blanc, et dans tous les cas on doit le conserver dans un magasin humide : sans cela, il s'effleurirait.

Les eaux-mères des cristaux sont évaporées à sec pour faire du sel de soude à bas titre qu'on livre au commerce.

Les cristaux de soude, chauffés dans une chaudière plate, se fondent, se dessèchent; en agitant sans cesse avec un rable ou un ringard, on réduit en poudre qui, refroidie et emballée en tonneaux, est expédiée sous le nom de *carbonate sec, cristaux de soude desséchés.* Le principal but de cette opération est de diminuer les frais de transport en enlevant aux cristaux les 62/100es d'eau qu'ils recèlent.

Usages du carbonate de soude. Il est peu de substances qui aient reçu autant d'applications que le sel de soude. Son emploi le plus fréquent est de servir, caustifié ou non, au blanchissage du linge, au blanchiment de presque tous les tissus, en raison de la propriété que possèdent les alcalis et les sels alcalins de dissoudre les matières organiques grasses ou colorantes qui salissent les étoffes. Les soudes sont la base des savons durs et des savons résineux. Le sel de soude est employé en grande quantité dans les fabriques de glaces, de gobeleterie, de verres à vitres; conjointement avec les cristaux de soude, il sert journellement dans les ateliers de peinture et d'indiennes, notamment pour dissoudre la matière colorante du rocou, du carthame, pour la confection de la belle couleur dite des Indes. Il est encore utilisé dans la préparation des chlorures désinfectants, dans la fabrication du borax, etc.

Préparation du bicarbonate de soude. Bien que la fabrication de ce sel ne soit pas bien importante, elle est cependant digne d'intérêt.

Pour le préparer en grand, il suffit de placer dans des caisses en bois blanc le carbonate de soude cristallisé, d'y porter le gaz acide carbonique lavé, et d'exercer une pression, en ne permettant au gaz de s'échapper qu'après avoir soulevé une colonne d'eau de 40 à 60 centimètres : bien entendu que l'on fait toujours arriver d'abord le gaz dans celles qui approchent le plus du terme de saturation, et qu'il est forcé de traverser en dernier lieu celles qui renferment le carbonate de soude le moins attaqué.

Ce mode de préparation n'est employé que depuis les résultats publiés par Smith et vérifiés par Boullay. Ce chimiste a observé qu'en mettant en contact, sous une faible pression, de l'acide carbonique et des cristaux de soude, le sel perd bientôt sa transparence, conserve sa forme, et devient poreux et friable. En prenant une texture feuilletée, le sel perd une grande partie de son eau de cristallisation qui ruisselle sur les parois du vase. Cette eau contient nécessairement en dissolution du carbonate et du bicarbonate qu'on obtient par évaporation. Quand l'absorption de l'acide carbonique cesse, on retire la masse de l'appareil, on la délaie dans une petite quantité d'eau, on fait égoutter celle-ci; enfin on comprime le sel et on le sèche à l'air.

Aujourd'hui la presque totalité du bicarbonate de soude est préparée au moyen de l'acide carbonique naturel qui se dégage en abondance de certaines sources. A Vichy, entre autres, on en fait des quantités assez considérables au moyen d'un appareil imaginé par M. Brosson, appareil qui a la plus grande analogie avec celui que nous avons indiqué tout-à-l'heure.

Ce qui fait la valeur du bicarbonate, c'est la quantité d'acide carbonique qu'il renferme; il est facile d'en faire l'essai, puisque ce sel, étant bien saturé, doit par la chaleur dégager un équivalent d'acide carbonique, soit en poids 275 pour 1033, ou 26 p. 100; et, comme le litre d'acide carbonique pèse 1gr,980, il s'ensuit que 1k de bicarbonate doit dégager un peu plus de 130 litres d'acide; mais jamais on ne rencontre le bicarbonate à cet état de saturation d'acide.

Le bicarbonate de soude est spécialement employé dans la préparation des liqueurs rafraîchissantes, surtout aujourd'hui qu'on a mis dans les mains du public des appareils où l'eau gazeuse se forme facilement sans contenir de bitartrate de soude. Dans les laboratoires, il sert de réactif ; les teinturiers l'utilisent quelquefois à cause de sa faible réaction alcaline pour neutraliser certains acides, celui de la garance par exemple. Enfin, il est employé dans la préparation des pastilles digestives de d'Arcet qui facilitent la digestion et imitent en quelque sorte les effets des eaux de Vichy.

Soude ou lessive caustique. Bien que le carbonate de soude jouisse de propriétés alcalines, son action n'est pas à beaucoup près aussi énergique qu'elle le serait, si l'acide carbonique ne venait pas saturer, neutraliser en partie les propriétés des bases. L'acide carbonique est heureusement de tous les acides celui qui prive le moins les alcalis de leur énergie et celui qu'on leur enlève le plus facilement. *Caustifier* un alcali, c'est lui enlever son acide carbonique, et pour arriver à ce but, on fait, depuis un temps immémorial, usage de la chaux qui, en se combinant avec l'acide carbonique, forme un sel complétement insoluble. Généralement on fait réagir la chaux sur l'alcali dans l'eau que l'on maintient en ébullition pendant une heure; la soude reste en dissolution tandis que le carbonate de chaux se dépose. On s'aperçoit que la dissolution est caustique quand elle ne fait plus d'effervescence avec les acides ou quand elle ne trouble plus l'eau de chaux. Nous disons que généralement on porte à l'ébullition, et non pas toujours, car pour certains usages l'emploi de l'eau chaude pourrait nuire.

Le poids de chaux à employer pour caustifier complétement le carbonate de soude, dépend évidemment de la quantité d'acide carbonique qu'il renferme. En supposant la soude combinée exactement avec l'acide carbonique, il y aurait dans le carbonate 41,43 p. 100 d'acide; la théorie indique que pour absorber cette quantité d'acide carbonique il faut 53,57 de chaux vive supposée pure. Mais jamais la chaux n'a cet etat de pureté absolue, et il vaut mieux dans tous les cas en employer un peu trop, ce qui est sans inconvénient, que pas assez ; d'un autre côté il faut considérer qu'il y a toujours dans le sel de soude un peu de sels étrangers. Eu égard à ces diverses considérations, il est sage d'employer au moins 60 p. 100 de chaux vive et partant une quantité proportionnelle de chaux éteinte.

On n'est pas bien d'accord sur l'état dans lequel la

Digitized by Google

chaux doit être employée. Les uns veulent que la chaux soit éteinte à l'avance, les autres disent que la chaux vive doit être préférée, en ce sens que placée dans la dissolution du carbonate alcalin elle s'y éteint en augmentant singulièrement la température du mélange et apportant nécessairement une économie de combustible. Les savonniers trouvent un avantage à faire le mélange de la potasse ou de la soude avec la chaux vive en même temps que l'énorme chaleur dégagée facilite la désagrégation des morceaux de salin dont quelques-uns sont très durs.

La quantité d'eau employée joue un grand rôle dans la réaction; la chaux n'agit en effet sur le carbonate en dissolution que si elle est en dissolution elle-même, et on sait qu'elle est très peu soluble. Voilà du moins l'opinion de plusieurs chimistes. Mais il serait peut-être plus exact de dire que la quantité d'eau influe surtout en ce que la dissolution du carbonate est moins forte et que la chaux n'agit pas facilement pour décarbonater si cette dissolution marque plus de 10 à 12 degrés au pèse-sel. Nous trouvons aujourd'hui dans les réactions chimiques un assez grand nombre d'exemples de corps qui agissent sans être en dissolution, pour croire qu'il doit en être de même de la chaux.

Quoi qu'il en soit, le rôle de l'eau en certaine quantité est incontestable et on admet généralement qu'il faut de 7 à 8 parties d'eau pour une de carbonate à caustifier. Il faut aussi qu'il y ait agitation dans le mélange, car le carbonate de chaux déposé empêcherait le contact de la chaux et de la dissolution. C'est à Descroizilles, le père, qu'on doit cette remarque importante du rôle de l'eau dans la caustification. Il prétendait lui que la chaux doit être en dissolution pour agir.

Pour obtenir de la soude caustique pure, il faut, au lieu de sel de soude, employer des cristaux et suivre d'ailleurs la marche qui a été indiquée pour la préparation de la potasse caustique (voyez POTASSE).

L'eau seconde de la soude n'est autre chose qu'une lessive caustique de sel de soude. Pour la conserver caustique, on met dans le vase bien bouché qui la contient un peu de chaux vive qu'on met de temps en temps en suspension dans la liqueur par agitation. On regarde souvent l'*eau seconde de potasse* comme préférable en ce qu'elle décrasse plus facilement et qu'elle attaque moins les pinceaux, car c'est dans les nettoyages de peinture que ces eaux sont surtout employées.

Il y a aussi de l'eau seconde colorée; on lui donne la couleur avec de la sciure de bois.

Dans les premières années de la fabrication de la soude, on songea à remplacer dans beaucoup d'usages la potasse par la soude; mais la routine s'opposant à cette substitution, on dut tromper ses injustes préventions. Pour cela on fabriqua des *potasses factices*, qui n'étaient autre chose que de la soude préparée de manière à imiter la potasse pour l'aspect et la couleur; c'est ainsi qu'on donnait la couleur rouge avec de l'oxyde de cuivre. Aujourd'hui le bon sens et les connaissances plus avancées du public dans les arts chimiques, rendent presque nulle la fabrication de la potasse factice; nous n'en parlerons donc pas.

Nous avons à parler maintenant des procédés nouveaux qui ont été conseillés depuis une dizaine d'années pour la fabrication du carbonate de soude.

Nous n'avons qu'à citer pour mémoire deux procédés qui n'ont pas reçu d'application. Le premier consistant à amener le sulfate de soude à l'état de sulfure de sodium qui, en dissolution dans l'eau, est décomposé par l'acide carbonique; le deuxième mettant à profit l'action réciproque à l'état liquide du chlorure de sodium et du sesqui-carbonate d'ammoniaque. En faisant dissoudre du sesqui-carbonate d'ammoniaque dans une solution saturée de sel marin, il se précipite du carbonate de soude et il reste dans la liqueur de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qu'on utilise pour préparer du nouveau carbonate d'ammoniaque. Un inconvénient principal de ce procédé, c'est qu'il ne peut y avoir double décomposition complète entre les deux sels employés, l'un étant un sel neutre, l'autre un sesqui-carbonate. Il y avait par cela même et ensuite par la transformation du chlorhydrate d'ammoniaque en carbonate un déchet d'ammoniaque assez considérable qui, vu le prix élevé du carbonate, rend le procédé trop coûteux pour être appliqué avec avantage.

M. Becquerel, de l'Institut, a tout récemment communiqué à l'Académie des Sciences une note très intéressante dont nous extrayons ce qui suit.

« Essayer de retirer la soude et la potasse de leurs sels respectifs en n'employant seulement que le fer ou la fonte, l'eau et l'air à la température ordinaire, est un problème qui au premier abord présente des difficultés; mais pour quiconque connaît toute la puissance de l'action chimique de l'électricité, ces difficultés ne sont pas de nature à arrêter longtemps.

« Scheele avait déjà reconnu que le fer décomposait le sel marin en donnant naissance à de l'alcali minéral.

« Lorsqu'un morceau de fer ou de fonte est plongé en partie dans une solution de sulfate de soude ou de chlorure de sodium, il se produit des effets de transport dont nous allons faire connaître la cause. On sait que les actions combinées de l'air, de l'eau et du sulfate de soude, sur un morceau de fer qui plonge entièrement dans la solution, suffisent pour décomposer le sulfate; il se forme du protosulfate de fer qui est immédiatement décomposé par la soude mise à nu, et il se précipite de l'oxyde de fer qui passe peu à peu à l'état d'hydrate de peroxyde; mais il n'en est plus de même quand le fer n'est plongé qu'en partie : il se forme alors du protosulfate de fer qui reste en dissolution, tandis que la soude sort de celle-ci pour se placer sur la partie non immergée du métal, où elle se combine immédiatement avec l'acide carbonique de l'air ambiant; de là il résulte du carbonate de soude qui cristallise en houppes soyeuses très près de la surface du liquide. Au bout de peu de jours on a des masses assez volumineuses qu'on enlève facilement. Les réactions ont lieu à peu de distance de la surface du liquide, là où le métal s'oxyde le plus facilement. Aussi la quantité de carbonate de soude formée dans un temps donné est-elle la même que la partie immergée du métal, soit égale à un décimètre ou à un centimètre. »

Quant à la cause de la décomposition, M. Becquerel dit, « qu'il y a là un phénomène de transport analogue à celui qui a lieu sous l'influence des forces électriques; il suffit pour cela de considérer la partie immergée et la partie non immergée du métal, l'une comme le pôle positif, l'autre comme le pôle négatif d'un couple voltaïque, et rien n'est plus simple que de justifier l'existence de ce couple; la partie immergée est attaquée par la solution, celle qui ne l'est pas est en dehors de cette solution, elle est recouverte d'une couche d'eau hygrométrique qui sert à constituer le circuit électro-chimique, de sorte que l'on a les mêmes effets que ceux produits lorsqu'on plonge une lame de métal dans deux liquides superposés, dont l'un attaque le métal et l'autre ne l'attaque pas : le phénomène est donc purement électro-chimique.

« L'expérience a été faite sur une assez grande échelle pour savoir jusqu'à quel point il était possible d'appliquer à l'industrie le procédé dans le but d'obtenir de la soude par la décomposition, soit du sulfate de soude, soit du chlorure de sodium. J'ai fait construire à cet effet six cylindres creux en fonte, ouverts par les deux extrémités, de 33 centimètres de diamètre, 23 centimètres de hauteur et 3 centimètres d'épaisseur. Ces cylindres ont été mis dans des baquets renfermant une

Digitized by Google

solution de sulfate de soude marquant 14 degrés. Le niveau de la solution se trouvait à 2 centimètres en contre-bas de l'extrémité supérieure.

« Pour recueillir le carbonate de soude, on a placé sur la partie supérieure du cylindre un plateau de cuivre évidé au milieu et dont les bords étaient rabattus avec pression sur les parois intérieures et extérieures du cylindre et ne faisaient que toucher la solution; on avait ainsi des couples voltaïques bien établies composées de fonte, de cuivre et d'une solution de sulfate, mais le cuivre n'était là, je le répète, que pour recueillir du carbonate de soude au fur et à mesure qu'il se formait sans être coloré par la rouille. 24 heures après on a commencé à apercevoir des cristaux de carbonate de soude sur le cuivre, lesquels ne tardèrent pas à recouvrir toute la surface annulaire du plateau. Au bout de 15 jours on a pu recueillir sur chaque cylindre une cinquantaine de grammes de carbonate de soude très pur, très blanc et privé sensiblement de sulfate de soude. L'effet n'était pas plus marqué que quand on n'employait seulement que la fonte.

« Au lieu d'un plateau annulaire évidé au milieu, j'ai employé un plateau plein qui n'a pas tardé à se recouvrir de carbonate de soude. Bien que ce procédé très simple ne puisse être l'objet d'une exploitation en grand à cause du développement considérable de pièces de fonte qu'il exigerait, cependant on peut l'employer avec succès sur le bord de la mer et presque sans frais pour des besoins personnels ou de petites exploitations, puisqu'il ne faut que des morceaux de vieille fonte, des bassins et un abri. J'ajouterai encore que dans les localités où le combustible manque et où il est impossible de se procurer de l'alcali par l'incinération du bois, on pourra utiliser ce procédé. Un autre motif m'a encore guidé dans mes recherches : le développement incessant de la civilisation diminuant de jour en jour nos ressources en combustibles, nous devons nous attacher, comme je l'ai déjà dit en exposant le traitement électrochimique des minerais d'argent, de cuivre et de plomb, à chercher les moyens de former un jour une foule de produits indispensables aux besoins de la vie sans l'emploi de la chaleur. »

Nous arrivons à un procédé dû à M. Balard, procédé qui a pour but non pas de faire du carbonate de soude, mais d'extraire des eaux-mères des marais salants la matière première du carbonate, c'est-à-dire le sulfate de soude.

On sait que les travaux de Green et de M. Berthier ont indiqué le moyen d'extraire des eaux-mères des salines une quantité plus grande de sel marin en faisant agir le sulfate de soude sur le chlorure de calcium obtenu lui-même en traitant par un lait de chaux les eaux-mères riches en chlorure de magnésium. M. Balard a pris pour ainsi dire la contre-partie de ce procédé. Cet habile chimiste, connaissant par les travaux qui l'avaient mené à la découverte du brôme la composition exacte des eaux-mères des marais salants, songea au moyen de transformer en sulfate de soude le sulfate de magnésie qu'elles contiennent et cela par l'intervention du chlorure de sodium (sel marin) qui se trouve nécessairement aussi dans ces eaux-mères.

Les analyses de Bouillon-Lagrange et de Vogel, que semblait corroborer une analyse récente des eaux de la Méditerranée, indiquaient que ce sulfate de magnésie supposé transformé en sulfate de soude, devait être le 1/4 du chlorure de sodium contenu dans l'eau de mer. M. Balard a trouvé lui que ce 1/4 devait être réduit au 1/7; de plus, qu'on devait encore restreindre cette quantité à 1/8 à cause de la présence dans lesdites eaux-mères de sels calcaires solubles qui par la concentration donnent lieu à un dépôt de sulfate de chaux aux dépens des sulfates solubles; ainsi restreinte cette quantité est encore considérable, car pour une saline du Midi d'une contenance de 200 hectares elle représente annuellement une masse de 2.500.000 kilog. de sulfate (1).

A priori la transformation du sulfate de magnésie en sulfate de soude paraissait facile; la réfrigération de ces eaux-mères donne lieu en effet au dépôt d'une certaine quantité de sulfate de soude, quand elle a lieu à quelques degrés au-dessous de zéro; mais 1° cet abaissement de température est très rare dans le midi de la France, 2° il ne se dépose, même à la faveur de cette circonstance, qu'une petite quantité de sulfate de soude.

En recherchant les causes qui pouvaient s'opposer à la formation du sulfate de soude dans ces circonstances, M. Balard a remarqué que le chlorure de magnésium nuit à la solubilité du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium, sels entre lesquels la décomposition doit avoir lieu, et favorise au contraire celle du sulfate de soude qu'on veut précipiter. Le chlorure de magnésium doit donc être éliminé autant que possible. Le sel marin au contraire nuit à la solubilité du sulfate de soude et favorise sa précipitation : il faut donc en ajouter et heureusement on en a à discrétion.

Éliminer le chlorure de magnésium, ajouter du chlorure de sodium en excès, toute la question est là.

Ainsi préparée cette solution complexe qui fournit déjà du sulfate de soude à 10 degrés au-dessus de zéro, en donne à 0° les 0,8 de ce qu'on pourrait obtenir par la décomposition complète des sels en présence; aussi quand, faite en été et conservée jusqu'à l'hiver à l'abri de la pluie, elle est étendue sur les immenses cristallisoirs du salin, en couches d'un décimètre de hauteur, il suffit d'une nuit pour faire déposer sur ces grandes surfaces quelques centimètres d'épaisseur de sulfate de soude cristallisé.

L'eau-mère est coulée rapidement, car elle contient du chlorure de magnésium, et redissoudrait beaucoup de sulfate, si la température venait à s'élever. Des ouvriers nombreux ramènent en tas une masse considérable de sulfate de soude. Par des froids rigoureux, l'eau de mer à 16 ou 18° B fournit aussi des quantités considérables de ce produit.

Le sulfate de soude ainsi recueilli est hydraté, ce qui est un inconvénient pour son emploi; mais il ne contient pas de sulfate de magnésie, et il est sans excès d'acide et sans fer, substances qui nuisent à sa qualité.

Le mode d'exploitation proposé par M. Balard n'est pas seulement un annexe de la fabrication du sel marin dans les localités bien disposées, où les niveaux et l'imperméabilité du terrain permettent d'évaporer l'eau de mer aux moindres frais; l'évaporation de ces eaux-mères peut être exécutée industriellement avec beaucoup de fruit, abstraction faite du sel marin lui-même. Le sel servirait à niveler le terrain, en même temps qu'il saturerait les eaux-mères et servirait de sol au sulfate de soude, que de cette manière on obtiendrait exempt de matières terreuses, ce qui serait un double avantage.

M. Balard a trouvé, par l'application de son procédé, que, dans une saline de 200 hectares, on obtenait facilement 600.000 kilogrammes de sulfate de soude au lieu de 2.600.000 qu'indique la théorie. Or, comme la consommation de la France est de 50 millions de kil. de sulfate, il suffirait d'employer à l'évaporation de l'eau de mer 20.000 hectares environ. Ce n'est qu'une petite fraction de ce que, depuis Hyères jusqu'à Perpignan, la France possède en étangs peu profonds, en plages

(1) La saline citée par M. Balard produit annuellement 20 millions de kil. de sel. Or, comme l'eau évaporée ne contient que 25 kil. de sel par mètre cube, il en résulte qu'en une année il s'évapore sur la surface de cette seule saline la quantité énorme de 800.000 mètres cubes d'eau de mer, soit 40 centimètres de hauteur.

Digitized by Google

nivelées et séchées, que l'agriculture n'enlèvera que bien difficilement aux plantes marines, dont elles sont en quelque sorte le domaine.

En faisant la part des améliorations probables, certaines mêmes, suivant lui, M. Balard dit que cette surface peut être réduite à 5 ou 6.000 hectares, dont les salines du Midi représentent déjà une moitié.

Il ne faut pas perdre de vue, ajoute M. Balard, que l'emploi de l'acide muriatique nécessitera toujours la fabrication d'une certaine quantité de sulfate de soude par l'ancien procédé.

Dans la fabrication du sulfate de soude des eaux-mères des marais salins, il faut, comme on le voit, deux conditions, de la chaleur en été et du froid en hiver. Dans le Midi, le premier élément ne manque jamais; mais M. Balard a dû se préoccuper du second, et chercher le moyen, ou de l'augmenter par des méthodes artificielles, ou de s'en passer tout à fait.

L'augmentation du froid a été obtenue facilement par M. Balard, en utilisant le froid qui accompagne la dissolution du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium, et en opérant cette dissolution en hiver avec de l'eau refroidie; la température s'abaisse de 5 degrés au-dessous du point qu'elle avait atteint pour arriver au terme où le dépôt de sulfate de soude est abondant.

Se passer du froid était chose plus difficile; M. Balard y est parvenu, en utilisant une singulière propriété du sulfate de soude. Ce sel, on le sait, se déshydrate à chaud au sein d'une dissolution saturée. Dans cet état naissant, il s'unit avec d'autres sulfates; le sulfate de chaux, par exemple, et c'est là toute la théorie du schlotage. Eh bien, le mode d'action que le sulfate de soude anhydre exerce sur le sulfate de chaux il l'exerce sur le sulfate de magnésie, et une solution qui contient à la fois du chlorure de sodium et ce sulfate donne, par l'action de la chaleur, un véritable schlot magnésien qui, se dédoublant, par la dissolution à chaud et le refroidissement ensuite, en sulfate de magnésie plus soluble et en sulfate de soude hydraté qui cristallise, permet ainsi d'isoler ce dernier composé à l'état pur.

Ainsi, où la température s'abaisse suffisamment, le froid; là où le froid ne se manifeste que d'une manière irrégulière, l'application du feu, et par ces méthodes diverses on atteint le même but, celui de transformer le sulfate de l'eau de mer en sulfate de soude sur le sol, presque sans appareils, sans condenseurs, sans vapeurs d'acide chlorhydrique, sans l'emploi d'acide sulfurique ni de soufre, dont la consommation va se trouver réduite de plus de moitié. En effet, de 23 millions de kilogrammes de ce dernier, qui sont introduits annuellement en France, 13 millions n'ont pour objet que de transformer en sulfate le sel marin qui sert à fabriquer la soude, et sont rejetés comme inutiles à l'état d'oxysulfure de calcium des marcs de lessivage.

Ce n'est pas seulement à l'extraction du sulfate de soude que M. Balard prétend faire servir les eaux-mères des marais salins, mais aussi à l'extraction de sels de potasse, chlorure de potassium ou sulfate, lesquels sels de potasse seraient utilisés à la préparation du salin, qui, par suite des progrès de la civilisation en Russie et en Amérique, par suite du déboisement de ces pays, tend à devenir de plus en plus rare.

Comme l'extraction de la potasse présente avec celle de la soude beaucoup d'analogie, nous pouvons très bien ici aborder ce sujet sans cependant nous étendre longuement à cet égard.

Les eaux-mères du sulfate de soude obtenu par le procédé Balard contiennent toute la potasse que renferme l'eau de mer, quantité qui, pour l'eau de la Méditerranée, est de 1/2000 environ, en la supposant toute à l'état de sulfate de potasse.

L'évaporation de ces eaux, toujours sur le sol, laisse cristalliser en abondance un mélange salin, d'où une simple dissolution peut extraire ce sel déjà connu, sulfate double de potasse et de magnésie, à 6 atomes d'eau, et dont la saline de 200 hectares a fourni, en 1844, environ 200.000 kilogrammes, qui représentent 90.000 kilogrammes de potasse pure.

Mais cette quantité n'est elle-même que la moitié de ce que l'analyse indique dans les eaux; l'autre moitié reste dans les eaux-mères; elle pourrait en être séparée par une évaporation, à l'aide du feu qui la fournit à l'état de chlorure double de potassium et de magnésium, qu'on dédoublera par les moyens connus, soit la différence de solubilité. M. Balard indique même d'autres moyens pour tirer parti des eaux-mères; c'est de les traiter par un sel d'alumine, par exemple celui qu'on obtient par la lixiviation des lignites ou des schistes pyriteux avant l'extraction du sulfate de fer; de l'alun de potasse, se précipitera sur le sol même des salines, et il suffira de le raffiner. Seulement, de cette manière, on n'aura pas le sel de potasse à l'état d'isolement.

Un sel de potasse, le muriate ou le sulfate, étant obtenu, on pourra s'en servir comme de matière première pour la fabrication de la potasse artificielle.

M. Balard a trouvé qu'une saline de 200 hectares rapporterait 180.000 kilogrammes de sulfate de potasse. Or, comme la totalité de la potasse consommée en France dépasse à peine 5 millions de kilogrammes, il faudrait, pour répondre aux besoins de toute la consommation, consacrer à l'évaporation de l'eau de mer 5 à 6.000 hectares de terre au plus. Donc, du jour où la France suffira à sa consommation de sulfate de soude par celui extrait des eaux-mères des salines, elle produira quatre fois plus de potasse qu'elle n'en consomme elle-même.

M. Balard aurait pu ajouter que son procédé permettra d'obtenir à un prix raisonnable les sels de magnésie, dont l'emploi, réduit aujourd'hui presqu'à la pharmacie, s'introduirait certainement dans les arts et manufactures sans leur haute valeur commerciale.

Les procédés de M. Balard, s'ils prennent de l'extension, viendront faire concurrence à d'autres procédés appliqués, depuis quelques années seulement, à l'extraction des sels de potasse et de soude contenus dans les résidus de la distillation des mélasses de betterave.

Depuis quinze ans à peu près, M. Dubrunfaut a reconnu que les vinasses de betteraves peuvent, après l'extraction de l'alcool, être traitées avantageusement pour obtenir la potasse ou les sels de potasse qu'elles renferment.

Il a trouvé que, de 100 kilogrammes de mélasse, on peut retirer 10 à 12 kilogrammes de résidu salin très riche en alcali, et il est parvenu à monter en grand l'industrie qui a pour but la fabrication de la potasse indigène.

D'après les expériences de M. Dubrunfaut, les sels provenant de l'incinération des vinasses renferment pour 100 parties :

7 à 11 de sulfate de potasse;
20 à 17 de chlorure de potassium;
27 à 45 de carbonate de potasse;
25 à 34 de carbonate de soude;
Quelques 100es de cyanure de potassium.

Quand on purifie le salin des mélasses par cristallisation, on obtient un sel double formé de 1 atome de carbonate de potasse, 1 atome de carbonate de soude et 12 atomes d'eau. Il cristallise très facilement en prismes obliques rectangulaires, qui absorbent à l'air l'acide carbonique, et donnent du bicarbonate de soude poreux, tandis que le carbonate de potasse forme une dissolution qui s'écoule.

Digitized by Google

Pour extraire avec économie le salin des mélasses, il faut charger de mélasse le liquide à fermenter de manière qu'il rende 4 ou 5 p. 100 d'alcool. On le distille et on se sert du résidu pour une nouvelle fermentation avec égale quantité de mélasse, et on distille de nouveau. De cette manière, la liqueur est plus riche en sels, on l'évapore; le résidu calciné au rouge pour brûler les matières organiques fournit lui-même, dans cette véritable combustion, une chaleur assez considérable pour se passer de combustible dans les fours à réverbère de calcination, une fois l'opération bien mise en train.

M. Robert de Massy, de Saint-Quentin, a voulu perfectionner le mode d'évaporation de ces vinasses. Il a fait établir une tour d'une assez grande hauteur, dans laquelle sont empilées des espèces de rigoles en tôle, présentant une immense surface d'évaporation aux vinasses qui viennent s'y répandre uniformément; des ventilateurs aspirant les produits de la combustion dans tous les fourneaux de l'établissement, fours à réverbères de calcination et autres, lancent l'air chaud dans la tour de manière à ce qu'il traverse le liquide qui tombe goutte à goutte d'une rigole à l'autre, et en opère rapidement l'évaporation. C'est un bâtiment de graduation d'une nouvelle espèce, sur lequel on remonte les vinasses jusqu'à ce qu'elles aient atteint un certain degré de concentration. Alors, en sortant de la tour, elles se rendent dans des chaudières d'évaporation, chauffées elles-mêmes par la flamme des fours à réverbère, dans lesquels le liquide évaporé est projeté au moment où il va cristalliser.

Nous ferons seulement, sur ce nouveau système, quelques observations. D'abord, disons que les vinasses de distillation étant acides a cause de l'acide sulfurique qu'on ajoute dans les cuves pour faciliter la fermentation, on les neutralise avec de la chaux qu'on ne doit employer qu'avec précaution. La tôle dont M. Robert de Massy fait usage dans sa tour de graduation s'altère avec une grande rapidité; de plus, le fer ainsi oxydé est entraîné en partie par le liquide, soit mécaniquement, soit même à l'état de combinaison, ce qui présente un inconvénient ainsi que nous le verrons tout à l'heure, outre la dépense assez grande occasionnée par le remplacement des tôles mises hors de service. Le bois ne pourrait pas être employé, car il est bientôt carbonisé par la haute température qui règne surtout dans le bas de la tour. Peut-être la terre cuite ou le grès résisteraient-ils mieux que le fer ou le bois. Enfin, il paraîtrait que le liquide, en se graduant, peut absorber des gaz sulfureux provenant de la décomposition des sulfates dans les fours à réverbère et de la houille employée, ce qui contribue à rendre la potasse sulfureuse.

La concentration est poussée jusqu'à 25 degrés dans les chaudières évaporatoires; et la *cuite* a lieu dans les fours à réverbère; lorsque la masse devient pâteuse, il faut la retirer rapidement, car elle se vitrifierait, et deviendrait très difficile à lessiver. C'est dans cette cuite que la présence du fer est nuisible; car avec lui se trouvent tous les éléments nécessaires à la formation d'un cyanoferrure qui rend presqu'impropres à la fabrication de l'alun les sels de potasse, sulfate et chlorure, qu'on va extraire pendant le raffinage.

Le salin est lavé méthodiquement dans une série de bacs en plomb, où l'on fait barboter de la vapeur. On soutire le liquide lorsqu'il est arrivé à une concentration de 20 degrés, et on le filtre. Cette lessive est amenée dans une chaudière en fer battu, ayant une forme un peu conique, où elle est concentrée jusqu'à 45 degrés environ. On a soin de touiller, pour empêcher d'adhérer à la chaudière, les sels qui se déposent et qu'on enlève d'ailleurs avec un chaudron. Ces sels, sont le sulfate de potasse, le chlorure de potassium, et sur la fin de la concentration des carbonates de potasse et de soude. Ces sels sont séchés et vendus séparément.

La lessive arrivée à 45 degrés est versée dans des refroidissoirs et y reste 24 heures, là s'achève le dépôt du sulfate de potasse et du chlorure de potassium qui cristallisent sur les parois. Ainsi débarrassée d'une grande partie des sels étrangers, la lessive de potasse est concentrée de nouveau et empâtée dans un jeu de bassines de fonte; c'est dans celle la plus rapprochée du foyer qu'a lieu la calcination à feu nu, calcination qui exige des précautions pour éviter la formation de croûtes, qui, en se brisant, occasionnent des projections très dangereuses pour les ouvriers. La potasse ainsi calcinée est livrée au commerce au titre de 62 à 63°. Elle contient de la potasse caustique, des carbonates de potasse et de soude (ce dernier en assez faible quantité), du sulfate de potasse, du chlorure de potassium, un peu de fer et du sulfure de potassium. Ce sulfure de potassium, qui nuit beaucoup à la qualité de la potasse, provient évidemment en partie de la réduction des sulfates pendant la *cuite* et aussi de l'absorption par la potasse de l'acide sulfureux produit par la combustion de la houille; enfin, il est très possible, comme nous l'avons dit plus haut, que la graduation donne aussi naissance à du sulfate de potasse, nécessairement plus réductible que le sulfate. Comme on le voit, il y a encore des améliorations à réaliser dans cette fabrication. A. MALLET.

SOUDER. — FER A SOUDER. Une petite masse de cuivre, et quelquefois d'acier, fixée à l'extrémité recourbée d'un manche de fer que termine à l'autre bout une poignée de bois, telle a été l'origine, et presque jusqu'a ces derniers temps, l'outil désigné sous le nom de *fer à souder*. Pour la plupart des métaux, tels que le plomb, le zinc, le cuivre mince, le fer-blanc, on rapprochait et l'on superposait les parties à réunir; puis avec le fer à souder, préalablement chauffé dans un brasier de charbon, on fondait à l'endroit de la superposition un métal d'un degré plus fusible servant de soudure, et l'on opérait ainsi ce qu'on pourrait appeler une sorte de collage mécanique.

On comprend que tout au moins cette manière de chauffer le fer à souder était défectueuse. Le brasier portait avec lui des dangers, ainsi que le démontre, entre autres exemples, l'incendie de la cathédrale de Chartres. Les vapeurs de charbon ne sont pas des plus favorables à la santé des ouvriers; enfin, et surtout, le chauffage ainsi obtenu est inégal et imparfait, à ce point que le refroidissement ayant lieu dès que l'on opère, le fer à souder n'est au degré de chaleur voulue que pendant l'intervalle d'une seconde, le temps de passer d'une température trop élevée à une température trop basse.

M. Desbassayns de Richemont, l'inventeur de l'appareil que nous avons décrit et représenté à l'article *Chalumeau aérhydrique*, a obvié à tous ces inconvénients de la manière la plus heureuse.

Un dessin ne nous sera pas indispensable, si nous nous reportons à ce que nous avons dit du chalumeau aérhydrique. Qu'on imagine en effet que la tige N N N (fig. 397, page 630) est remplacée par le manche *creux* d'un fer à souder, et que la petite masse de cuivre qui doit le terminer est fixée au-dessous de l'extrémité du gland par lequel sort le mélange enflammé. Dès lors, l'ouvrier, ayant réglé la flamme, tient dans ses mains un fer à souder, chauffé précisément au degré désirable, et qui peut y être maintenu pendant des journées entières sans qu'il soit besoin de l'échanger ou de l'abandonner un seul instant; de là résulte une triple économie de main-d'œuvre, de combustible et de difficultés dans le travail. A l'heure du repos, on ferme les robinets, et toute dépense cesse en même temps que disparaît toute cause de danger d'incendie. Pour le chauffage des fers à souder dans les ateliers, la flamme du chalumeau aérhydrique peut même être remplacée, le plus

Digitized by Google

souvent avec avantage, par une flamme produite avec le gaz de l'éclairage public, au milieu de laquelle est insufflé un jet d'air. Il faut pour cela modifier la construction intérieure du manche creux, qui se compose alors de deux tubes excentriques. Tout Paris a pu voir dans l'atelier de fabrication de lampes de MM. Levavasseur, rue Montmorency, la première application de ce dernier procédé. L'épreuve a été décisive, et l'impossibilité d'avoir à Paris le gaz pendant le jour, et par conséquent la nécessité d'un emplacement pour les gazomètres alimentés de nuit par les compagnies, a seule retardé l'adoption générale de ce mode de chauffage des fers à souder, dans toutes les industries qui ne peuvent encore se servir de la flamme directe.

SOUDURE AUTOGÈNE. M. Desbassayns de Richemont a nommé ainsi la soudure d'un métal par lui-même, obtenue avec le seul intermédiaire de la chaleur, sans le secours d'un autre métal ou alliage plus fusible.

La *soudure autogène du plomb*, par exemple, consiste donc dans la réunion du plomb à lui-même, de telle sorte qu'il n'y a pour ainsi dire plus *soudure* dans l'acception ordinaire du mot, mais bien reconstitution de plusieurs pièces de plomb en une seule et même masse parfaitement homogène, et dont aucune partie ne peut être distinguée du reste par l'analyse chimique. Ce résultat est facile à obtenir à l'aide du chalumeau aérhydrique. Au besoin, le lecteur peut recourir à la description que nous avons faite de cet instrument, page 629, et nous prendrons pour point de départ l'*outil de feu*, le *dard de flamme*, intense, mobile, réglé à volonté, que nous a donné l'appareil dont nous avons indiqué le facile mécanisme. Pour souder le plomb sur lui-même, l'ouvrier place bord à bord les parties à réunir, il les décape avec le grattoir, en appuyant sur l'arête de manière à enlever un peu plus que la partie salie ou oxydée ; et, tenant d'une main une mince lanière ou baguette de plomb décapé et de l'autre main le dard de flamme, il opère, en avançant assez rapidement, la fusion simultanée des deux parties rapprochées et de l'extrémité de la baguette, si bien que celle-ci rétablissant ce qui a dû être enlevé sur les arêtes par le grattoir, la réunion se trouve complète et ne saurait même, si l'ouvrier est adroit et si on y attachait d'ailleurs quelque importance, être reconnue par des yeux exercés. Avec quelques dispositions particulières et certains *tours de main*, difficiles à décrire, pour les soudures verticales, les soudures d'angles, les nœuds, etc., il n'est pas de difficulté qui, au moyen du chalumeau aérhydrique, ne devienne bientôt un jeu d'enfant.

De la simple définition que nous avons donnée des soudures autogènes, il résulte nécessairement qu'elles sont à l'abri des chances de pertes, qui, dans l'ancien système, avaient pour causes les différences de dilatation du plomb et de ses alliages avec l'étain, différences qui se font particulièrement sentir dans les grands froids ou à des températures élevées ; les actions électro-chimiques qui se développent dans certaines circonstances, par suite du contact de deux substances métalliques hétérogènes ; les réactions extrêmement énergiques qu'exercent sur les alliages de plomb et d'étain une foule d'agents chimiques qui n'attaquent pas le plomb ; la grande fragilité de ces mêmes alliages, qui, à chaud surtout, se brisent quelquefois au moindre choc ; la difficulté de faire bien prendre et adhérer l'ancienne soudure à la surface du plomb, où elle n'est parfois qu'à peu près scellée sans que l'ouvrier puisse le savoir ; enfin l'emploi de la résine, qui si souvent masque pour un temps des fuites très prononcées.

Mais c'est surtout pour les arts chimiques, et notamment pour les chambres de plomb servant à la fabrication de l'acide sulfurique, que la soudure autogène est d'un usage indispensable. Avec elle plus de difficultés pour la confection en plomb pur des cornues, flacons, bassines, chaudières, bacs à dérocher, cristallisoirs, serpentins, vases ou barriques pour le transport des acides, etc. Veut-on avoir réunies la résistance chimique du plomb et la résistance mécanique du fer, du cuivre, du bois ? un simple recouvrement en plomb soudé sur lui-même sur un vase quelconque fait avec l'une de ces matières, présente ce double avantage. Aussi toutes les fabriques de produits chimiques ont-elles trouvé un précieux secours dans l'emploi de l'appareil aérhydrique. Les fabriques d'acide sulfurique, surtout, lui ont fait bon accueil. On sait que les établissements dans lesquels cet acide est fabriqué se composent d'appareils ou séries de chambres en plomb, qui présentent habituellement une capacité de 750 à 1500, et quelquefois de 6000 à 7500 mètres cubes, et il n'est aucune de ces fabriques dont la construction n'emploie plusieurs milliers de kilogr. de soudure à l'étain. Le contact constant du plomb et de la soudure avec l'acide sulfurique, et surtout avec les vapeurs nitreuses, produit des réactions tellement énergiques, que peu de temps suffit pour déterminer de nombreuses fuites, qui finissent par mettre hors de service sinon l'intégralité des appareils, du moins une partie des chambres qui la composent. Aussi les fabricants étaient-ils obligés chaque année à des réparations ou à des reconstructions partielles, d'autant plus coûteuses qu'elles entraînent avec elles tous les frais de démolition, échange de plomb, chômage et remontage des appareils. Tout cela a disparu avec la soudure autogène, et la moindre fuite, s'il s'en déclarait une, pourrait être réparée à l'instant, fût-ce même pendant le travail des chambres.

SOUDURE DU PLATINE, DE L'OR, DE L'ARGENT, DU CUIVRE. Ce que nous venons d'indiquer pour les réparations instantanées des chambres de plomb dans les fabriques d'acide sulfurique, s'applique également au cas où une perte se déclare dans la chaudière de platine à concentrer. Au lieu d'arrêter les travaux, de démonter la chaudière, de l'envoyer à l'atelier de réparation, et de perdre ainsi beaucoup de temps et d'argent, l'ouvrier peut à l'instant même où une fuite se déclare, la réparer sur-le-champ avec un fil d'or et la flamme aérhydrique. Les soudures des objets d'or et d'argent offrent en général la même facilité d'exécution. Mais il n'en est pas toujours ainsi pour ce qui regarde le cuivre, à cause des fortes épaisseurs des objets à souder. Le chauffage étant ralenti d'autant, la conductibilité du métal fait perdre une grande partie du calorique. Il faut donc, quand il s'agit de faire *sur place* une réparation à une forte pièce, à une locomotive par exemple, ou à des chaudières à sucre, appareils de chauffage à la vapeur, etc., prendre de très grandes précautions pour concentrer d'abord, par l'emploi de charbon allumé et de terres réfractaires, une certaine élévation de température sur un même point. Un dard de flamme puissant et bien alimenté peut alors déterminer d'une manière sûre la parfaite fusion de l'alliage qui, dans les cas semblables, sert de soudure. Des recherches utiles, en vue de faciliter les opérations de ce genre, opérations si coûteuses par suite du démontage, nous paraissent pouvoir être faites par les ingénieurs des chemins de fer. Cette dernière partie de la question vaut bien la peine qu'on y consacre quelque attention, et nous la croyons de nature à recompenser dignement un succès définitif. J. DELBRUCK.

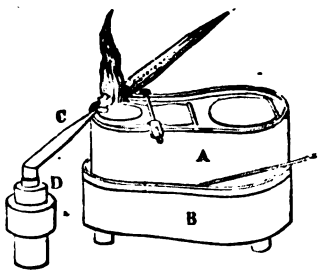
SOUFFLET, SOUFFLERIE. Voyez MACHINE SOUFFLANTE.

SOUFFLER LE VERRE. On a déjà parlé de la lampe d'émailleur, page 1318, mais sans entrer dans aucun détail sur la construction des instruments en verre, et le travail des petits objets d'ornement en verres colorés ou en émail. L'importance de ce sujet nous oblige à y revenir ici pour expliquer avec soin la marche à suivre dans quelques-unes de ces opérations. Les

Digitized by Google

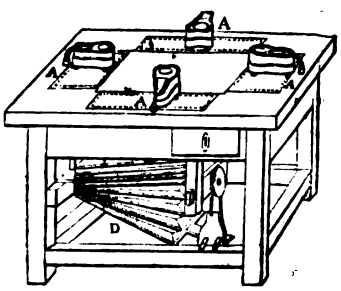
exemples que je choisirai suffiront pour mettre le lecteur attentif en état d'exécuter lui-même les appareils dont il pourrait avoir besoin.

La lampe A (fig. 2365) est en fer-blanc, elle repose



2365.

dans une cuvette B, destinée à recevoir l'huile qui pourrait s'écouler et à l'empêcher de se répandre. Cette lampe est placée sur une table en bois (fig. 2366), au-dessous de laquelle est solidement fixé sur deux traverses un soufflet à double courant d'air, mis en jeu par une pédale. Le chalumeau C (fig. 2365), formé d'un tube conique en fer-blanc, ou d'un simple tube de verre effilé et convenablement recourbé, est fixé, au moyen d'un bouchon de liège percé, dans le tube D qui apporte le vent du soufflet et qui débouche près du bord de la table comme on le voit fig. 2366. On dispose dans un



2366.

petit tiroir, placé sous la table, des ciseaux, quelques limes, de petites tiges de métal, des bruxelles, et quelques morceaux de pierre à fusil qui complètent l'outillage de la lampe du souffleur.

La mèche, formée d'un faisceau de fils de coton sans torsion, passe à travers une ouverture circulaire, pratiquée dans le couvercle de la lampe et destinée à la recevoir. Le diamètre de la mèche dépend de la grosseur du verre; il doit être à peu près égal à celui des plus gros tubes que l'on veut travailler, et varie, par conséquent, de 1 à 4 centimètres. L'ouverture du chalumeau doit être en rapport avec la mèche, il suffit de lui donner de $0^m,0005$ à $0^m,0018$ de diamètre pour les mèches comprises dans les limites que nous venons d'indiquer. On fait d'ailleurs varier, suivant le besoin, l'intensité du vent du soufflet en le chargeant d'un poids plus ou moins fort. La hauteur de la mèche, au-dessus de l'huile, ne doit pas dépasser 1 ou 2 centimètres. On doit donc toujours entretenir la lampe à peu près remplie d'huile.

Toutes les huiles peuvent être employées dans la lampe. L'huile de colza épurée est cependant la plus convenable. Quelques ouvriers trouvent avantageux de brûler un mélange d'huile et de graisse, qui paraît donner un feu plus chaud que celui fourni par l'huile seule.

Quand on veut se servir de la lampe, on allume la mèche après l'avoir imprégnée, pour plus de facilité, d'un peu d'essence de térébenthine; on la mouche avec des ciseaux pour enlever les flammèches, on la partage en deux parties par une ligne située dans le prolongement du bec du chalumeau, et enfin on met le soufflet en mouvement. Si la mèche et le bec du chalumeau sont bien disposés, l'un par rapport à l'autre, ce que l'on obtient facilement après quelques tâtonnements, il se produit un jet de flamme, dirigé dans le prolongement du chalumeau et au milieu duquel on expose les tubes que l'on veut travailler. La flamme doit être vive, pas trop longue, et produit dans ce cas un bruit caractéristique que l'on reconnaît bientôt.

Avant de décrire la construction des instruments, nous devons indiquer quelques précautions que l'on doit toujours observer et parler des opérations les plus ordinaires du travail qui nous occupe.

Les tubes que l'on emploie doivent être, autant que possible, bien réguliers, sans bulles ni nœuds. On les place par ordre de grosseur sur des tablettes horizontales, et non pas, comme on le fait quelquefois, debout ou supportés seulement par leurs extrémités sur des chevilles en bois; car, dans ces deux dernières positions ils prennent à la longue, par l'action de la pesanteur, une courbure sensible, qu'il est ensuite assez difficile de leur faire perdre. On doit toujours essuyer et sécher avec soin les tubes avant de les chauffer, et ne présenter que peu à peu ceux d'un gros diamètre à l'action de la flamme, qui les ferait briser sans ces précautions. Les tubes de cristal (verres plombeux), que l'on est quelquefois obligé d'employer, noircissent quand on les expose longtemps à l'action du feu. On rend cette altération moins rapide en mettant sur la mèche, avant de l'allumer, un peu d'eau de savon.

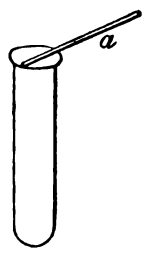
On peut employer, pour couper les tubes, un grand nombre de moyens. Nous en signalerons quelques-uns. On coupe les tubes d'un petit diamètre en y faisant un trait avec une lime tiers-point, ou un morceau de pierre à fusil; en appuyant à faux dans l'endroit où on a fait le trait, on détermine facilement la rupture. Les tubes plus forts présentent un peu plus de difficulté : on est obligé de prolonger le trait de lime sur une partie de la circonférence et de déterminer la rupture en approchant un charbon incandescent, ou bien un anneau de fer rouge, avec lequel on touche le tube, légèrement mouillé d'avance, au point où l'on veut produire la cassure. Quelquefois on se borne à entourer le tube avec un fil imprégné d'essence de térébenthine que l'on allume, et on le touche avec le doigt mouillé au moment où la flamme s'éteint. Les moyens que nous venons d'indiquer sont les plus simples et nous n'en indiquerons pas plusieurs autres de même espèce, qui peuvent être également suivis. Nous dirons seulement que pour les tubes gros et épais, les cols de matras, etc., la méthode la plus sûre consiste dans l'emploi d'une roue de graveur sur verre, ou, à son défaut, dans celui d'un fil mince de cuivre ou d'acier, monté sur un archet, et auquel on imprime un mouvement de va-et-vient, après lui avoir fait faire un tour sur le tube, et avoir déposé sur ce dernier un peu d'émeri, mouillé avec de l'huile ou de l'essence de térébenthine.

Quelle que soit la méthode employée pour couper les tubes, leurs extrémités ouvertes doivent presque toujours être *bordées*, c'est-à-dire adoucies et légèrement fondues par l'action de la chaleur; on y parvient facilement en présentant à la flamme de la lampe le bord du tube. Quelquefois on évase légèrement l'ouverture d'un tube, en appuyant et en tournant dessus une petite tige métallique *a* (fig. 2367).

Pour *courber* les tubes d'un petit diamètre, on les chauffe à la lampe, au rouge sombre, sur une certaine partie de leur largeur et on les plie alors avec la plus grande facilité suivant la direction voulue. Cette opé-

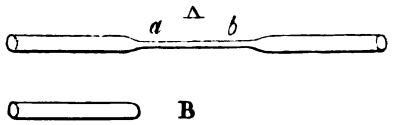
Digitized by Google

ration peut même s'exécuter sans peine à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin. Les tubes un peu plus forts, de 6 à 10 millimètres d'épaisseur, s'aplatiraient un peu dans les coudes au moment de leur flexion, si on ne prenait pas le soin de les fermer par une extrémité et de souffler avec précaution par l'autre bout pendant qu'on les courbe. La pression de l'air intérieur s'oppose à la déformation du tube, auquel on peut ainsi conserver une section constante dans toutes ses parties. Enfin on courbe les tubes très gros, en les chauffant sur un fourneau rempli de charbons ardents et en soufflant dedans, comme nous venons de le dire, ou bien en les remplissant, avant de les chauffer, de sable très sec qui s'oppose à leur déformation; mais ce second moyen est moins simple que le précédent, et il vaut mieux avoir recours au soufflage dans les circonstances ordinaires.



2367.

On *ferme* les tubes de différentes manières : quand ils sont très petits, il suffit de présenter leur extrémité à la lampe pour que les bords ramollis se rapprochent et se soudent. Quand on opère sur un tube plus gros et d'une longueur suffisante, on le saisit par ses extrémités avec le pouce et l'index de chaque main, en le supportant en même temps sur les doigts du milieu, et on présente sa partie moyenne à la flamme, en lui imprimant un mouvement régulier de rotation avec les doigts. Quand le verre est convenablement échauffé, on écarte les deux mains et le tube s'étrangle comme on le voit en A (fig. 2368). On le coupe alors en *a* et *b* pour laisser peu de longueur à la partie effilée, et on chauffe à la flamme l'extrémité *a*, qui se soude rapidement. Le tube est alors fermé, mais on doit encore chauffer toute l'extrémité, et quand elle est bien rouge, on la retire du feu, on souffle avec précaution par l'extrémité ouverte et on obtient enfin le tube régulièrement bouché B. On opère de même pour l'extrémité *b*.



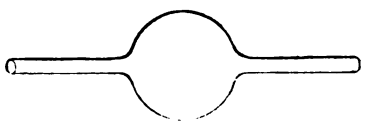
2368

Il arrive souvent que l'extrémité bouchée du tube présente une grande épaisseur, ce qui le rend facile à briser par l'action des changements brusques de température. On évite ce défaut en chauffant fortement cette extrémité, dont on approche un autre petit tube de verre, un peu moins chaud, qui se soude avec elle et enlève, quand on le retire, une partie de la masse du gros tube. Quand l'épaisseur se trouve ainsi convenablement réduite, on chauffe de nouveau l'extrémité, et on lui donne la forme régulière qu'elle doit avoir, en soufflant, comme nous l'avons dit, par l'autre bout du tube.

Quand on veut, enfin, fermer un tube un peu fort et d'une longueur déterminée, on chauffe à la lampe son extrémité et on rapproche ses bords jusqu'à ce qu'ils se touchent et se soudent, en appuyant dessus une petite tige métallique. On enlève, s'il y a lieu, l'excédant de matière et on termine le tube comme nous l'avons indiqué pour le cas précédent.

Le *soufflage des boules* présente différents cas : 1° Pour former une boule à l'extrémité d'un tube d'un diamètre peu considérable, il suffit de le fermer, de le chauffer fortement pour que le verre s'accumule un peu à l'extrémité, et enfin de souffler, par le bout ouvert, avec précaution et en imprimant au tube un léger mouvement de rotation. Si la boule obtenue d'abord n'était pas assez grosse, on la chaufferait de nouveau et on repéterait la même opération.

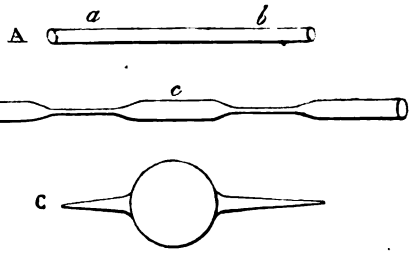
2° On a souvent besoin de souffler une boule au milieu d'un tube : on y parvient en chauffant le tube au point où l'on veut placer la boule, refoulant un peu le verre pour l'accumuler en ce point, et en soufflant par une des extrémités du tube en fermant avec le doigt, ou autrement, l'autre extrémité. La pression de l'air suffit pour étendre le verre mou et lui donner la forme sphérique (fig. 2369). L'opération que nous venons de



2369.

décrire est assez délicate; cependant, avec un peu d'habitude, en chauffant uniformément le tube et lui imprimant un léger mouvement de rotation pendant l'insufflation, on arrive promptement à faire ainsi des boules parfaitement régulières, dont le centre coïncide avec l'axe du tube et qui peuvent avoir jusqu'à $0^m,035$ ou $0^m,040$ de diamètre.

3° Un grand nombre d'appareils s'exécutent au moyen de boules, soufflées séparément, comme nous allons l'indiquer, et soudées ensuite aux tubes adjacents. On est toujours obligé d'avoir recours à ce dernier moyen, quand on a besoin de boules d'un fort diamètre réunies à des tubes minces. Voici comment on exécute ces boules. On prend un tube A (fig. 2370) d'un diamètre plus ou moins fort, suivant la grosseur de la boule que l'on veut obtenir, on le chauffe aux points *a* et *b*, et on l'effile de manière à produire le tube B, puis on casse les parties effilées et il reste alors l'olive *c* entre deux pointes. On présente l'une des pointes à la flamme pour la fermer, on chauffe fortement l'olive et enfin on souffle par la pointe ouverte, ce qui produit la boule C.



2370.

Pour *souder* les tubes, on commence par les évaser légèrement, comme nous l'avons indiqué en *a* (fig. 2367), puis on chauffe à la fois les deux extrémités ainsi préparées, et on les approche l'une de l'autre pour les faire adhérer. On refoule un peu la matière, et, en fermant l'extrémité de l'un des tubes, on souffle par le bout de l'autre en exerçant en même temps une légère traction dans le sens de la largeur, pour éviter qu'il ne se forme

Digitized by Google

un renflement. Si on veut donner encore plus de force à la soudure, on la place de nouveau dans la flamme, on refoule de nouveau la matière, et on répète la première opération. Quand les tubes à souder n'ont pas le même diamètre, on commence par évaser le plus petit et on étire le plus gros, de manière à les amener à présenter l'un et l'autre la même ouverture, puis on opère comme nous l'avons indiqué d'abord.

Nous allons décrire maintenant la construction de quelques instruments, et montrer qu'elle ne consiste que dans l'exécution successive des opérations élémentaires dont nous avons parlé d'abord.

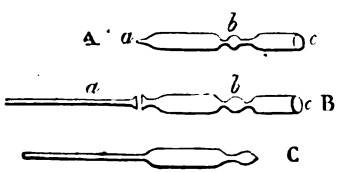
Les *thermomètres à boules* se construisent en soufflant une boule à l'extrémité d'un tube capillaire par la méthode que nous avons indiquée ci-dessus (1°). Cette opération peut se faire avec un chalumeau et la flamme d'une chandelle. Les thermomètres à cylindres sont formés d'un tube cylindrique *soudé* à l'extrémité d'un tube capillaire. Nous avons dit comment s'exécute une soudure de cette espèce. On trouvera d'ailleurs au mot *thermomètre* les détails relatifs au remplissage et à la graduation de ces instruments.

Les *aréomètres* à boules se soufflent, comme nous l'avons dit (2°). La construction des *aréomètres* à cylindre est un peu plus compliquée; voici comment elle s'exécute : on prend un tube cylindrique de deux centimètres de diamètre environ et de 1/2 millimètre d'épaisseur; on le chauffe en deux points éloignés de cinq à six centimètres, et on l'étire de manière à lui donner la forme A (fig. 2371); on ferme la partie rétrécie *a*, puis on chauffe en *b*, et, en soufflant par l'extrémité ouverte *c*, on produit un petit renflement destiné à recevoir le reste; on chauffe alors le point *a*, et soufflant de nouveau, on forme une petite boule dont on crève la partie supérieure. On a alors la pièce B, qu'il ne s'agit plus que de souder à la tige *a*. A cet effet, on ferme le tube en *c*, et on exécute la soudure comme nous l'avons dit. Il ne reste plus, pour terminer l'instrument, qu'à chauffer le renflement *b*, pour l'étirer et lui donner la forme d'une petite poire, et à fermer la pointe qui le termine. On obtient ainsi l'instrument C, dont la graduation s'effectue comme il est indiqué au mot AREOMETRE, page 189.

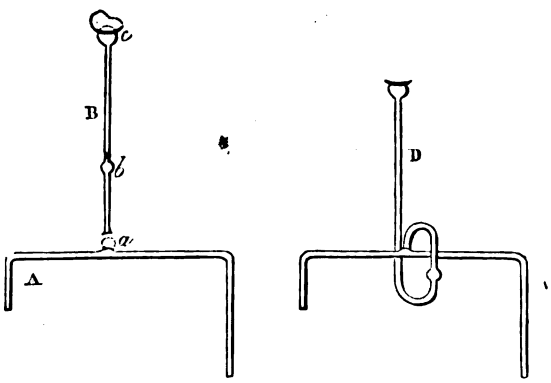
de cette ampoule, et, en soufflant comme la première fois, on lui fait prendre un grand développement, indiqué par les points, et on casse le verre très mince qui forme cette espèce de cloche. Le tube courbé se trouve ainsi préparé. D'un autre côté, on souffle une boule *b*, sur la longueur du tube B, comme nous l'avons dit (2°), puis à l'extrémité de ce tube on souffle ou on soude une seconde boule *c*; on soude alors le tube B sur l'ouverture pratiquée au tube A; on chauffe la partie supérieure de la boule *c*, et en soufflant fortement par une extrémité du tube courbé, pendant que l'autre est fermée, on produit une cloche très mince indiquée par des points sur la figure; on la brise et on borde l'ouverture de l'entonnoir ainsi produit en le présentant à la flamme. Il ne reste plus qu'à donner au tube B la courbure convenable pour obtenir enfin le tube de Welter terminé D.

Les pipettes, les syphons à deux branches, les tubes en S, les tubes en entonnoir, les burettes, les tubes de Liebig, etc., s'exécutent comme les instruments dont nous avons parlé jusqu'à présent; nous ne nous arrêterons pas davantage à décrire ces différents objets. Leur inspection seule suffit pour faire comprendre, d'après ce que nous avons dit, le moyen de les exécuter.

Nous ne pouvons pas décrire ici l'art complet de la fabrication de ces mille petits ornements que l'on fait en émail ou en verre coloré. Le goût de l'ouvrier, son talent comme modeleur, l'adresse avec laquelle il manie les émaux, ramollis par la chaleur, sont autant de qualités qu'une longue habitude et une disposition spéciale peuvent seules procurer. Nous dirons seulement que les opérations fondamentales, le métier, pour ainsi dire, de cette industrie, sont les mêmes que pour le soufflage du verre blanc. On soude les tubes d'émail, on les courbe, on les souffle comme les tubes ordinaires, mais, nous le répétons, ce n'est qu'à force d'adresse que l'on obtient les formes si gracieuses et si variées que présentent presque toujours ces petits ouvrages. Nous expliquerons, seulement comme exemple, la construction d'un de ces petits cygnes que l'on vend, comme jouet d'enfant, chez presque tous les marchands de cristaux. On prend un tube d'émail blanc, et on en forme d'abord, en l'effilant, une olive entre deux pointes



2371.



2372.

Décrivons enfin la construction d'un *tube de Welter*; elle offre à peu près toutes les difficultés qui peuvent se présenter dans le genre de travail qui nous occupe. On commence par courber un tube de manière à lui donner la forme A (fig. 2372); on dirige ensuite l'extrémité du dard de la flamme sur un point de la partie supérieure, et, en bouchant avec le doigt l'une des extrémités, on souffle par l'autre de manière à former l'ampoule *a*; on chauffe de nouveau la partie supérieure analogue à celle de la fig. 2370, B. On ferme une des pointes, et, après avoir chauffé l'olive, on souffle par la pointe ouverte, en tirant un peu en long, pour former le sphéroïde qui doit constituer le corps de l'oiseau; on lui donne, en le réchauffant, si cela est nécessaire, et le façonnant avec une petite tige de métal, instrument principal de l'émailleur, la forme légèrement aplatie qu'il doit avoir. On allonge ensuite en l'étirant la pointe fermée, on lui donne la courbure du col de l'ani-

Digitized by Google

mal, et on souffle à l'extrémité un petit renflement qui forme la tête, puis on soude un bout de tube jaune pour imiter le bec et un point d'émail noir de chaque côté de la tête pour simuler les yeux. Il reste enfin à fermer la pointe restée ouverte et à lui donner à peu près la forme de la partie postérieure du cygne. On construit d'une manière analogue tous les oiseaux, seulement on soude de petites pièces d'émail de différentes couleurs pour former successivement les ailes, les pattes, la queue, etc.

L'émail et les verres colorés se filent facilement à la lampe et produisent des fils d'une finesse, d'un éclat et d'une souplesse vraiment remarquables. Voici comment s'exécute cette opération : On chauffe une baguette d'émail près de son extrémité, et la tenant d'une main, on saisit avec l'autre main, armée d'une petite pince, l'extrémité chauffée, on écarte les deux bras, ce qui forme ainsi un fil d'un mètre environ de longueur, adhérant d'une part au tube principal, et de l'autre à la petite masse entraînée par les pinces. On fixe cette dernière extrémité sur un point de la circonférence d'une petite roue en tôle, de 0m,40 à 0m,50 de diamètre, montée sur un arbre horizontal, et disposée à une petite distance de la lampe. On chauffe alors de nouveau le tube principal, au point où il commence à s'effiler, en le tenant d'un main, tandis que de l'autre on met en mouvement la roue dont nous avons parlé. L'émail ramolli cède à la traction exercée sur lui et vient en fil fin s'enrouler sur la roue. On avance peu à peu le tube dans la flamme et il se trouve bientôt entièrement transformé en un fil d'une grande longueur. Ces fils d'émail ou de verre ont plusieurs applications curieuses : on en fait des perruques qui produisent une illusion complète, ils servent à la confection de ces jolies aigrettes si souples et d'un éclat si agréable, que tous les charlatans mettent sur leurs échoppes. Tout le monde connaît d'ailleurs les produits remarquables, vendus sous le nom d'étoffes de verre, qui ne sont autre chose que des tissus en fils d'émail et de soie. Un très habile émailleur de Saumur a fait une application excessivement intéressante des fils dont nous parlons : il s'en sert pour imiter le poil de la plupart des animaux. Il assortit leurs couleurs avec celles des peaux naturelles, et après avoir coupé les fils d'une longueur convenable, il les colle, par une de leurs extrémités, sur une surface solide en copiant la disposition de la peau qu'il veut imiter. J'ai vu chez lui des tigres, des hyènes rayées, des axis et autres animaux de grandeur naturelle, admirablement modelés et recouverts du *poil de verre* dont nous parlons. L'imitation est si parfaite que ces animaux remplaceraient avec avantage les peaux empaillées, toujours altérées, qui encombrent nos cabinets.

Les *yeux artificiels*, pour les poupées (1) et pour les animaux empaillés s'exécutent également en émail. Ce travail exige, comme les précédents, beaucoup de goût et d'habitude, quand il faut pour la première fois imiter un œil donné, et choisir convenablement les émaux et la couleur, mais on parvient à le faire exécuter par des femmes ou des enfants quand on doit fabriquer une grande quantité d'yeux de même espèce. Nous allons indiquer sommairement la manière d'opérer. Le fil de fer recuit sur lequel les yeux sont ordinairement montés est engagé, en partie, dans la moelle d'un petit morceau de bois, afin de pouvoir, sans se brûler, le tenir à la main. L'ouvrier tient ce fil, ainsi disposé de la main gauche, et saisit de la main droite une baguette d'émail ordinairement blanc qu'il soude à la lampe en l'enroulant sur le bout de fil de fer, de manière à former une petite masse de matière sur laquelle il soude ensuite l'émail coloré qui forme la rétine, ou le fond de l'œil. On soude ensuite l'émail qui forme la pupille, et par dessus on applique la masse de verre *transparent*, blanc, ou coloré, qui produit l'effet de l'humeur aqueuse, et à travers laquelle on aperçoit le fond de l'œil et la pupille. Après avoir appliqué chaque nouvelle teinte d'émail, on fond la masse entière, puis on l'aplatit perpendiculairement au fil de fer en appuyant dessus une petite lame de métal. Quand tous les émaux sont appliqués on répète deux ou trois fois cette opération, et on termine en chauffant assez l'œil pour lui donner la forme arrondie qu'il doit avoir. Ces opérations ont pour but de fondre et d'adoucir les nuances des différents émaux, et de donner au produit l'éclat particulier qu'il doit présenter.

Les grains de chapelet se font quelquefois à la lampe, mais le plus souvent par des procédés analogues à ceux employés pour la fabrication des PERLES (voyez ce mot).

Les boules *argentées* que l'on met en si grande quantité dans les bouquets de fausses fleurs communes, vendues dans les campagnes, ne sont autre chose que des boules de verre blanc, dans lesquelles on a versé un alliage de bismuth et de mercure qui jouit de la propriété d'adhérer fortement au verre. H. MANGON.

SOUFRE (*angl.* sulphur, *all.* schwefel). Le soufre est un corps simple, solide à la température ordinaire, d'une couleur jaune particulière; la chaleur seule de la main suffit pour faire casser le soufre en bâton; il se fond à 108° et reste d'abord très liquide jusqu'à 160° environ, puis devient visqueux et se fonce en couleur en devenant brun; entre 200° et 250° il atteint son maximum de viscosité, et si on le plonge alors subitement dans l'eau, il conserve encore quelque temps son état de mollesse, ce qui permet de s'en servir pour prendre des empreintes; il finit peu à peu cependant par reprendre sa dureté et sa couleur ordinaires. En vases clos, le soufre donne déjà quelques vapeurs vers 150°; il bout à 316° environ et distille alors en donnant une vapeur jaune-orangé, dans laquelle plusieurs métaux, tels que le cuivre et l'argent, brûlent avec beaucoup de vivacité. Sa densité est de 1,98; il n'a pas de saveur; quand on le frotte, il dégage une légère odeur. Il est généralement opaque, et demi-transparent seulement quand il est cristallisé. Par le frottement il développe de l'électricité négative et résineuse.

Quand on chauffe le soufre au contact de l'air, il s'enflamme et brûle avec une flamme bleue en produisant de l'acide sulfureux dont l'odeur piquante est caractéristique et prend de suite à la gorge. Il se combine directement avec l'hydrogène, le chlore, le brôme, l'iode et presque tous les métaux, en formant avec ces derniers une série de combinaisons binaires, les sulfures, que l'on regarde généralement comme des sels, mais que nous croyons devoir plutôt considérer comme n'en étant nullement et comme formant une série parallèle à celle des combinaisons binaires de l'oxygène, comprenant, par conséquent, des *sulfacides* et des *sulfides*, selon qu'ils jouent le rôle d'acides ou de bases. Les sels connus sous les noms d'hydrosulfates seraient d'après cette manière de voir de véritables hydrates.

Le soufre est complétement insoluble dans l'eau; il est très peu soluble dans l'alcool absolu et dans l'éther, beaucoup plus à chaud dans les huiles grasses et les huiles volatiles et surtout dans le sulfure de carbone et le chlorure de soufre : par le refroidissement de ces dissolutions saturées à chaud, le soufre se sépare sous la forme de cristaux semblables à ceux que présente le soufre natif; le soufre se dissout également dans une dissolution bouillante d'alcali ou de sulfite alcalin, en donnant naissance à un hyposulfite alcalin.

Le soufre est un corps dimorphe, c'est-à-dire qu'il

(1) La fabrication des yeux de poupées, qui paraît au premier abord si peu importante, a été longtemps la spécialité et le monopole de deux marchands de Liverpool dont elle a fait la fortune.

Digitized by Google

est susceptible de cristalliser sous deux formes appartenant à des systèmes cristallins différents. Les cristaux de soufre natif dérivent d'un prisme rhomboïdal droit sous l'angle de 102° et sont généralement des octaèdres à base rectangulaire simples ou cuneiformes; les cristaux artificiels, que l'on obtient en fondant du soufre et en le faisant cristalliser par simple refroidissement, dérivent au contraire d'un prisme rhomboïdal oblique.

Le soufre natif est assez répandu dans la nature; il est ordinairement jaune, cependant on en trouve de blanc et même de gris cendré et de brun marron; dans tous les cas la flamme qu'il donne en brûlant et l'odeur qu'il répand le font immédiatement reconnaître. Il y affecte trois sortes de gisements : 1° en rognons disséminés dans des couches de terrain tertiaire, et de formation contemporaine : ce gisement est assez fréquent, mais ne produit que peu de soufre; 2° en amas irréguliers, dans le terrain de craie, associés à du gypse et à du sel gemme, et probablement de formation plus récente ainsi que ces derniers : c'est dans ces circonstances que se trouvent les mines de Sicile, qui fournissent actuellement la presque totalité du soufre que consomme l'Europe; 3° produit par sublimation dans les terrains volcaniques ou par la décomposition des eaux thermales qui contiennent de l'hydrogène sulfuré en dissolution : presque tous les volcans donnent du soufre, qui se sublime constamment à travers certaines fissures et vient se condenser en partie dans les cendres ou sables qui forment la surface du sol; telles sont les solfatares de l'île Bourbon, de la Guadeloupe et de Pouzzoles. Les eaux thermales sulfureuses ne produisent qu'une quantité insignifiante de soufre.

Les mines de soufre de la Sicile produisent annuellement environ 50 millions de kilogrammes de soufre, et pourraient au besoin en fournir une quantité bien plus considérable; les mines les plus importantes sont situées près de Cattolica, Girgenti, Licata, Caltanisetta, Caltascibetta, Centorbi et Sommatino. En 1787, il se déclara un incendie si violent dans la mine de Solfara-Grande, près de Sommatino, qu'on fut obligé d'abandonner la mine; cet incendie dura deux ans, au bout desquels un mineur ayant mis la région incendiée en communication avec une partie inférieure de la mine, on put recueillir plus de 65 millions de kilogrammes de soufre fondu parfaitement pur, sans compter celui qui s'écoula dans une petite rivière qui passe près de cette mine.

Les minerais de Sicile sont généralement fort riches et renferment de 30 à 50 p. 100 de soufre que l'on en sépare par une liquation; la chaleur nécessaire à cette opération est produite par la combustion d'une partie du soufre que renferme le minerai : nous allons donner une idée des méthodes de traitement que l'on suit en Sicile, en nous servant d'un mémoire encore inédit de M. Adrien Paillette, mémoire qui sera bientôt publié dans son entier.

La liquation s'opère dans de petits trous cylindriques à fond concave et légèrement incliné vers l'orifice de coulée. Ces fours, dont les parois sont construites en calcaire compacte, sont le plus souvent alignés par groupes de 10 à 20 et même plus, dans un lieu autant que possible abrité contre les vents. Un seul ouvrier peut en desservir 5 à 6. On emploie les plus gros morceaux de minerai pour former sur la sole du fourneau une voute ou canal qui aboutit au trou de coulée; on les cale avec des morceaux presque aussi gros, on les recouvre ensuite de minerai de plus en plus fin, et on termine le tas en lui donnant la forme d'un dôme recouvert d'une couche de menu légèrement damée.

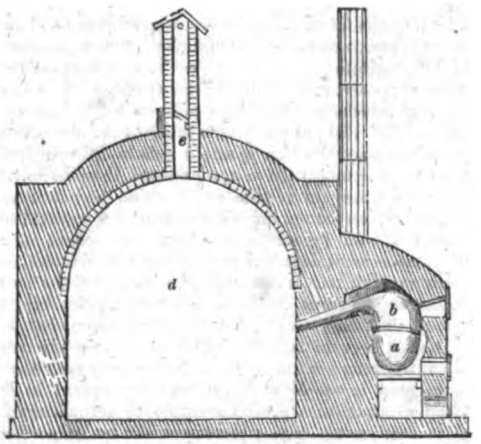
Le chargement terminé on allume le tas par la partie supérieure au moyen d'une fascine préalablement trempée dans du soufre fondu et qu'on secoue à la surface du tas après l'avoir enflammée. Après 4 ou 8 heures de feu, il s'est rassemblé au fond du fourneau une masse de soufre en fusion qui y occupe une hauteur de 0m,20 à 0m,25; on débouche alors le trou de coulée et on reçoit le soufre fondu dans des moules en bois préalablement mouillés. Une fois la fonte commencée, on ne rebouche plus le trou de coulée, de sorte que le soufre coule d'une manière continue; quand il ne vient plus de soufre, on laisse refroidir le fourneau pour le décharger et enlever les crasses produites par les gangues du minerai.

Près de Girgenti et pour traiter également des minerais riches, on emploie des fourneaux rectangulaires voûtés que l'on remplit du reste comme les précédents; ces fours, dont les parois sont en briques et de peu d'épaisseur, sont placés dans des chambres en maçonnerie ayant une chauffe à une de leurs extrémités; avec du bois que l'on y jette, on échauffe les parois du fourneau et de la chambre; puis on ferme toutes les issues, lorsque la chaleur accumulée dans ces parois et dans les gaz chauds qui remplissent la chambre, est suffisante pour produire la séparation par liquation du soufre chargé dans le fourneau. Ce procédé est, comme on le voit, intermédiaire entre celui précédemment décrit et celui de la distillation proprement dite, exclusivement employée pour les minerais qui contiennent au plus 15 à 20 p. 100 de soufre, et même dans tous les cas, lorsqu'on peut aisément se procurer du combustible végétal ou minéral.

C'est ce dernier procédé que l'on emploie à la célèbre solfatare de Pouzzoles, près de Naples. Dans cette ancienne bouche volcanique, le soufre se condense en quantité considérable dans le sable qui recouvre le cirque formant l'intérieur du cratère. On enlève ce sable jusqu'à la profondeur de 10m (plus bas, la température est trop élevée pour qu'on puisse y travailler), et on le soumet à la distillation pour en retirer le soufre qu'il contient. On exploite ainsi successivement le sable qui recouvre tout le cirque, et on rejette dans les tranchées celui qui a été soumis à la distillation. La sublimation naturelle du soufre par les fissures du terrain se faisant d'une manière continue, le sable se recharge de soufre, et, au bout de 25 à 30 ans, il est assez enrichi pour pouvoir être de nouveau soumis à la distillation. Cette dernière s'opère dans 12 pots cylindriques en terre cuite placés sur deux banquettes parallèles dans un four chauffé au bois. Les pots distillatoires communiquent trois par trois au moyen de conduits en terre cuite avec d'autres pots faisant fonction de récipient et placés à l'extérieur sur le sol de l'atelier. La charge de chaque pot est de 20 à 25 kil. de sable et on en retire moyennement 7 à 8 kil. de soufre, soit 90 kil. par fournée qui dure environ 7 heures, et on brûle pendant ce temps, dans le fourneau, de 70 à 80 kil. de menu bois.

Le soufre brut ainsi obtenu est plus ou moins impur; il peut bien être employé dans cet état pour la fabrication de l'acide sulfurique, mais il a besoin d'être purifié pour les autres besoins du commerce. Cette purification se fait très en grand aux environs de Marseille; à cet effet on charge le soufre dans des grandes cornues en fonte (fig. 2373) dont la panse *a* a environ 1m de diamètre, 0m,60 de profondeur, 3 centimètres d'épaisseur, et reçoit 400k de soufre brut; le chargement terminé, on lute sur la panse le chapiteau *b* et on remplit les vides autour avec du sable. Le col de la cornue vient déboucher dans une chambre de condensation *d*, de 7m de long, 3m,50 de large et 4m,20 de long, dont les murs ont 0m,80 d'épaisseur. Il y a ordinairement deux cornues pour une chambre des dimensions ci-dessus. A la partie supérieure de la chambre se trouve une cheminée, portant un clapet *e* destiné à donner issue à l'air et aux gaz renfermés dans la chambre, lorsqu'en s'échauffant ou par tout autre cause leur tension devient trop considérable. La grille est placée à 0m.20 environ en contrebas du fond des cornues. Le feu ayant été allumé, le soufre

Digitized by Google



2373.

arrive bientôt près de son point d'ébullition; il s'enflamme alors et brûle à la surface, mais l'acide sulfureux qui se forme et remplit la chambre ne tarde pas à éteindre la flamme; les vapeurs de soufre qui se dégagent se déposent alors sur les parois de la chambre de condensation sous la forme d'une poudre fine très ténue, connue sous le nom de fleurs de soufre. On n'allume d'abord le feu que sous une seule cornue; la distillation commence au bout d'une heure; après trois heures on allume le feu sous la seconde cornue. Au bout de six heures la distillation est terminée dans la première cornue; on ôte alors le feu et on recharge de nouveau la cornue après l'avoir laissé un peu refroidir. On continue ainsi successivement la distillation en rechargeant alternativement une des cornues toutes les trois heures, pendant six jours et cinq nuits; dès le troisième jour, les parois de la chambre de condensation s'étant suffisamment échauffées, le soufre en fleur commence à fondre et à couler sur le sol; à la fin du sixième jour la température de la chambre est de 140 à 150°; on cesse alors le travail, et le lendemain matin, dès que la température s'est abaissée à 125° environ, on coule le soufre dans des moules en bois que l'on plonge dans l'eau froide pour hâter la solidification. C'est ainsi qu'on obtient le *soufre en canon* du commerce.

Lorsqu'on veut obtenir du *soufre en fleur*, l'opération doit être conduite assez lentement pour que la température des parois se maintienne au-dessous de 105° à 108°. Le soufre en fleur ainsi obtenu renferme constamment un peu d'acide sulfureux et souvent d'acide sulfurique; pour l'en dépouiller, il faut le laver avec soin à l'eau chaude, puis le faire sécher à une douce chaleur.

En Allemagne on fabrique une certaine quantité de soufre au moyen des pyrites de fer jaunes et blanches; celles-ci, à l'état de pureté, renferment 54,26 p. 100 de soufre, et en abandonnent par la distillation en vase clos les 3/7 ou 23,26 p. 100, en se transformant en pyrite magnétique; cette dernière, exposée en tas à l'air et suffisamment arrosée, se convertit en sulfate de fer ou vitriol vert, qu'on lessive et qu'on fait cristalliser ensuite par évaporation pour le verser dans le commerce. On introduit la pyrite dans de grands vaisseaux cylindriques ou rectangulaires, en fonte ou en terre cuite, maçonnés horizontalement, dans des fours à réverbère de forme appropriée et connus sous le nom de fourneaux à galère; ces vaisseaux communiquent avec des récipients que l'on a soin de rafraîchir convenablement. Le soufre ainsi obtenu a une couleur verte due à ce qu'il renferme une certaine quantité de sulfure de fer. On lui fait subir une première purification en le fondant à une très basse température dans une chaudière en fonte de grandes dimensions, et le coulant dans un tonneau en bois d'un faible diamètre et d'une hauteur au moins triple, dans lequel on le laisse refroidir spontanément; quelques jours après on enlève les cercles du tonneau; le sulfure de fer, ayant une densité plus considérable, a gagné le fond du tonneau avec la plus grande partie des matières étrangères et forme à la partie inférieure du pain une couche qui s'en sépare nettement et qui est souvent employée en place de soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique. Le soufre purifié qui est au-dessus est encore soumis à une nouvelle distillation avant d'être livré au commerce. Comme les pyrites de fer renferment presque toujours une proportion plus ou moins forte de pyrites arsenicales, le soufre que l'on en retire est presque toujours souillé par une faible quantité de sulfure d'arsenic qui doit, dans certains cas, en interdire l'emploi.

Les principaux usages du soufre sont la fabrication de l'acide sulfurique, de la poudre, des allumettes, d'un grand nombre de produits chimiques et pharmaceutiques, le blanchiment des tissus de laine, de soie, des chapeaux de paille, etc. P. DEBETTE.

SOUFROIR. Voyez BLANCHIMENT, etc.

SOUPAPE. Voyez MACHINE A VAPEUR et POMPE.

SOUPAPE DE SURETÉ. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR et VAPEUR.

SPATH-CALCAIRE. Voyez CARBONATE *de chaux*.

SPATH-FLUOR. Voyez FLUORURE *de calcium*.

SPATH PESANT. Voyez BARYTE (*sulfate de*).

SPIRALE. Voyez HORLOGERIE et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

STÉARINE. Voyez BOUGIE.

STEATITE. Voyez GÉOLOGIE.

STÉRÉOTYPIE. La stéréotypie est une opération qui permet d'obtenir en un seul bloc de fonte une page semblable à une page composée en caractères mobiles, de telle sorte qu'on puisse mettre celui-ci en magasin et faire un nouveau tirage quand il est nécessaire sans qu'il y ait de nouveaux frais de composition. Ces frais qui forment une partie très notable de l'impression, surtout depuis que l'emploi de la presse mécanique a diminué les prix du tirage, se trouvant répartis sur un nombre d'exemplaires considérable, on peut livrer ceux-ci à très bas prix. Il faut encore pour le succès du procédé que les frais du stéréotypage soient peu considérables pour qu'il y ait économie, et sous ce rapport le procédé actuellement en usage laisse peu à désirer.

Depuis l'origine de l'imprimerie on a souvent trouvé avantageux de garder certains ouvrages tout composés; ce sont surtout ceux qui demandent une très grande correction, à laquelle on ne peut arriver qu'en corrigeant successivement les fautes qu'on découvre sur une même composition, et non en en faisant une nouvelle dans laquelle passeraient de nouvelles fautes; mais on trouvait un obstacle dans le maniement de toutes ces pages, et il était à craindre qu'à chaque tirage quelque accident ne forçât toujours à en recomposer un certain nombre, d'où introduction de nouvelles fautes.

M. Firmin Didot voulant exécuter les tables de Logarithmes de Callet et arriver à une grande correction, conçut l'idée de souder les pages par le pied, de manière à en faire un tout. Il réussit fort bien dans cette opération dont l'exécution ne laissait pas que d'être assez délicate, et put conserver ainsi l'ouvrage composé sans être exposé à recomposer quelques pages à chaque tirage. La correction de cette édition est parfaite, ce qui est bien précieux pour un ouvrage de ce genre.

Il n'est pas besoin de dire qu'on ne pourrait songer à l'emploi d'un pareil moyen dans le but unique d'éviter les frais de composition. La fabrication des caractères d'imprimerie exige trop de précision pour qu'on

Digitized by Google

puisse espérer arriver jamais à les livrer à assez bas prix, pour que le capital qui se trouve ainsi détruit ne rende pas une pareille spéculation fort douteuse dans la plupart des cas.

Aussi n'est-ce pas à ce procédé qu'on s'est arrêté pour la production de pages fixes. M. Didot en sentit l'inconvénient et proposa un autre procédé. Il consistait, comme tous ceux dont nous allons parler, à prendre une contre-épreuve de la composition mobile, pour pouvoir employer ensuite celle-ci à produire d'autres pages. Les caractères qui servaient à faire la composition étaient moins hauts que les caractères ordinaires et fondus en alliage très dur. Cet alliage se faisait en ajoutant du cuivre à l'alliage ordinaire composé de plomb antimoine et étain, pour en augmenter la résistance. La fonte de ces caractères offrait quelques difficultés, parce que l'alliage moins liquide devait se travailler à une température plus élevée, et prenait plus difficilement l'empreinte. La page étant composée, on l'enfermait dans une boîte d'acier, où elle se trouvait serrée dans tous les sens par des vis de pression. Cette boîte se montait au-dessous d'un balancier à vis, analogue à celui qui sert à frapper les pièces de monnaie; au-dessous on mettait une plaque de plomb doux, dont la surface était bien dressée; puis d'un coup de balancier on imprimait la page dans la plaque, et on frappait une matrice de page.

La matrice ainsi obtenue s'ajustait dans un mandrin qui se montait à la partie inférieure d'un mouton. On mettait du métal à caractères dans un tiroir en carton, et quand celui-ci commençait à se refroidir, approchait de l'état pâteux, alors, en faisant tomber le mouton, le métal se moulait parfaitement dans la matrice. Il y a ici peu de danger de fondre la matrice, le plomb étant moins fusible que l'alliage. On retirait avec un canif le cliché; puis on le dressait comme on fait par les procédés actuellement en usage. Nous en parlerons plus loin.

On ne pouvait guère employer ce procédé que pour de petits formats, à cause de la difficulté de faire tomber les pages bien d'aplomb sur la matrice, ce qui était un inconvénient notable. Un autre inconvénient était que les lettres pouvaient se refouler quand elles n'étaient pas assez dures, ce qui pouvait arriver si l'ouvrier avait laissé passer trop de temps sans recharger son creuset, le cuivre et l'antimoine montant toujours à la surface du bain métallique et se brûlant rapidement. Enfin la dépense était assez considérable, surtout par l'obligation d'avoir des caractères spéciaux pour le stéréotypage, tandis que par le procédé actuel on emploie tous ceux qui se trouvent dans les imprimeries.

Ce procédé était, on le voit, assez voisin de celui que nous avons décrit à l'article POLYTYPIE.

Procédé Herhan. Le procédé Herhan est extrêmement ingénieux; il supprime la fonte des caractères comme une opération superflue, quand le produit à obtenir est une planche stéréotype. Ce sont les matrices elles-mêmes, qui peuvent être produites en grand nombre par le même poinçon, qui servent à composer la page matrice, et au moyen de celle-ci il suffit d'une seule opération de clichage pour avoir la page stéréotype. Ce procédé paraît donc d'une simplicité extrême et doit donner une netteté parfaite à l'œil de la lettre, puisque, opérant avec des matrices en cuivre, on peut clicher à une haute température, et qu'on n'a que la seconde contre-épreuve du poinçon au lieu d'avoir la quatrième; mais malheureusement il est tout à fait défectueux en ce que pour chaque matrice il faut faire un travail très difficile, puisqu'il faut la justifier de hauteur pour l'œil, de hauteur totale et d'approche, de force de corps. On était bien parvenu, en justifiant le poinçon et en frappant la matrice au moyen d'un balancier dans lequel il était ajusté, à diminuer ce travail, mais il y avait toujours à retoucher. Or on comprend combien devaient coûter, à cause de la précision qui était nécessaire, 20.000 matrices seulement, et c'est bien le moins qu'on puisse supposer, pour composer un ouvrage; et encore en perdant beaucoup de temps puisque les lettres devraient être distribuées presqu'aussitôt qu'on aurait fini de composer. Si l'on ajoute à cela la difficulté que présente la composition de ces matrices, l'impossibilité des corrections qui résulte de ce qu'on ne peut tirer d'épreuves, on comprendra facilement les causes de l'insuccès d'un ingénieux procédé, pour lequel on a infructueusement dépensé des sommes considérables.

En général, tous les procédés qui exigent pour leur emploi des dépenses spéciales ne peuvent pas avoir de succès, ainsi dans le cas qui nous occupe une entreprise qui réussit avec un caractère donné ne peut réussir avec une autre, sans pourtant pouvoir payer les frais nécessaires pour le stéréotypage. C'est précisément là le grand avantage des procédés employés actuellement, où la matière est faite directement sur les caractères qui se trouvent chez l'imprimeur, et avec lesquels le cliché est produit à peu de frais.

Stéréotypie au moyen du plâtre. La page de l'ouvrage qu'on veut stéréotyper étant composée en caractères mobiles ordinaires, et les corrections faites, on la serre fortement dans un châssis en fer au moyen de biseaux et de coins, de manière qu'une lettre ne puisse pas s'enlever; après avoir placé la page sur un marbre et enfoncé avec un taquoir les lettres qui peuvent se trouver trop hautes. Cela fait, on pose sur le châssis un petit cadre d'un demi-pouce environ plus large que la page, qui va en s'évasant vers le haut. Un premier enduit d'un corps gras est passé sur la lettre pour éviter toute adhérence, puis faisant une bouillie très claire de plâtre de Paris bien cuit, broyé et passé au tamis de soie très fin, on l'applique avec un pinceau et avec une brosse dure et fine; on frappe sur la page pour chasser l'air et faire pénétrer le plâtre dans tous les creux, puis faisant une bouillie épaisse on remplit le châssis, et on fait sortir l'excédant en promenant une règle à sa surface. Quand le plâtre est pris on enlève verticalement le châssis, qui à cause de son biseau entraîne le moule en plâtre.

Quand ce moule a séché à l'air pendant quelques heures, on le seche dans un four fortement chauffé pendant plusieurs heures; on peut alors fondre le cliché. Pour cela on a des cuvettes de fonte garnies d'un couvercle qui entre dedans; on place entre les deux une plaque de fonte dressée à l'épaisseur convenable, pour que celle-ci étant contre le couvercle, l'espace vide soit égal à la hauteur qu'on veut donner au cliché, plus celle du moule au plâtre.

On place le moule au fond de cette cuvette, l'œil vers le fond. Il paraît plus naturel de le placer inversement, mais alors il faudrait le fixer au fond, parce que le métal le soulèverait, ce qui ne serait pas aisé, et l'expérience a prouvé qu'on réussissait bien en le retournant. Cela fait, on saisit la cuvette par les deux bords au moyen d'une pince fixée au bout d'une potence tournante, on l'amène au-dessus d'un bain de métal dans lequel on la fait descendre. Le métal entre par deux ouvertures, soulevant alors la cuvette on vient la placer sur le rafraîchissoir, qui est une auge remplie de sable mouillé. Le refroidissement commence ainsi par la partie inférieure. On place alors sur le couvercle un poids de 10 à 15 kilos, qui chasse l'excédant de métal et donne une pression qui force la matière d'entrer dans les creux. Le cliché est alors fait, et il n'y a plus qu'à casser le moule en plâtre et à nettoyer la surface du cliché. Ce qui est bien remarquable, c'est que le plâtre remplit admirablement toutes les conditions désirées; il se laisse mouiller par le métal, ce que ne ferait pas l'argile, par exemple, et par conséquent celui-ci entre dans les déliés les plus fins. De plus, sur les

Digitized by Google

surfaces brillantes le plâtre prend un certain poli, et la surface de l'œil du cliché est brillante et ne présente pas de grenu.

Le cliché étant fait, il faut encore lui faire subir quelques préparations. Elles consistent principalement à le dresser d'épaisseur, ce qui se fait au moyen d'un tour muni d'un mandrin à vis et mâchoires sur lequel on monte le cliché, l'œil de la lettre contre le plateau; il est dressé à l'aide d'un burin fixé sur un support à chariot; à tailler en biseau les bords, ce qu'on fait au moyen d'un rabot à fer oblique; à creuser un peu au ciseau les blancs formés par les cadrats hauts, qui pourraient maculer au tirage. Enfin il faut remplacer les lettres defectueuses; pour cela, on chasse avec un ciseau de dimensions convenables la lettre manquée, on perce le cliché, puis on introduit une lettre mobile, qu'on ajuste d'approche et de ligne; puis on la soude au pied avec de l'étain et un fer à souder, et on polit à la lime l'excédant de soudure. Le cliché est alors bon à imprimer.

On ne laisse aux clichés que peu d'épaisseur, afin de diminuer le poids de la fonte qui doit rester inactive; au moyen de supports auxquels on les adapte par de petites griffes qui tiennent par le serrage de la forme, on leur rend la hauteur des caractères mobiles, quand on met sous presse.

Le métal des clichés est composé, en général, de 15 p. 100 d'antimoine et 85 p. 100 de plomb. On ne peut les rendre très durs, parce que les clichés ayant peu d'épaisseur seraient trop sujets à se casser sous l'effort de la presse, pour peu qu'ils fussent faussés. Ce qui est remarquable, et ce qui prouve bien les effets de trempe qu'éprouve la lettre dans le moule du fondeur, c'est que fait avec la même matière, un cliché s'écrasera beaucoup plus vite qu'un caractère.

L'emploi du procédé de stéréotypie en plâtre a été tenté pour la reproduction des gravures en relief qui servent pour l'impression des toiles peintes, mais des difficultés assez grandes ont empêché ce procédé, que nous croyons usité dans quelques fabriques, de prendre un grand développement, et lui ont fait préférer, dans ce cas particulier, le procédé de *polytypie* avec matrices de bois, que nous avons indiqué à l'article IMPRESSION SUR ÉTOFFES. Ces gravures étant nécessairement très droites, afin de fournir des impressions de quelque netteté avec des couleurs coulantes comme celles qu'on emploie, le moule en plâtre se retire mal; mais l'inconvénient majeur résulte de la difficulté d'avoir des pièces identiques. Le retrait du moule varie beaucoup avec la quantité d'eau avec laquelle on a gâché le plâtre, avec le degré de chaleur qu'il a éprouvé dans le four. De semblables retraits empêchent de former une planche par la multiplication d'un dessin élémentaire, ou ne permettent de le faire que très imparfaitement, même avec une grande habileté pratique.

Le stéréotypage au plâtre n'est pas le seul procédé employé pour la typographie, un autre système, dit *au papier*, donne des résultats moins parfaits, mais qui suffisent dans beaucoup de cas, quand le travail est bien exécuté. Il offre l'avantage de pouvoir être obtenu à l'aide d'appareils d'une grande simplicité.

On met sur la page à clicher un papier joseph huilé, sur le papier on pose un matelas composé de trois ou quatre feuilles de papier sans colle, entre lesquelles on a étendu une couche de terre de pipe délayée en bouillie épaisse dans de l'eau renfermant un peu de colle en dissolution. Par une pression exercée sur le tout, on prend une empreinte exacte de la page pour former une matrice. Celle-ci, séchée près du fourneau, est placée entre deux plaques de fonte formant boîte, que l'on dispose presque verticalement, et dans laquelle on verse le métal par un orifice qui se trouve à la partie supérieure. C. L.

STORAX ou STYRAX. Voyez BAUME.

STORE. Espèce de rideau qu'on descend verticalement, autant qu'on veut, à l'aide d'un appareil mécanique et que l'on place ordinairement aux fenêtres des voitures et des appartements pour se garantir des rayons du soleil. Le store se compose essentiellement d'un cylindre creux en bois traversé intérieurement par un axe en fer; on le dispose horizontalement au haut de la croisée, et le rideau étant enroulé à la surface, on peut le descendre au degré voulu. Un ressort à boudin en gros fil de fer, proportionné au poids du rideau, enveloppe l'axe central en fer, sans frotter ni sur cet axe, ni sur la concavité de l'enveloppe cylindrique en bois; il est fixé par un de ses bouts au bout de l'axe, et par l'autre extrémité à une roue à rochet vissée sur la base du cylindre creux; un cliquet, dont le manche fait saillie au dehors, vient butter contre la roue à rochet. Il résulte de cette disposition que, lorsque le rideau est tiré en bas, le cylindre en bois tourne et le ressort en fil de fer se bande; l'encliquetage retient le cylindre et le ressort ainsi bandé; mais lorsqu'on dégage la roue à rochet, en tirant une corde attachée au manche saillant du cliquet, le ressort qui n'est plus retenu se débande et fait tourner le cylindre pour le ramener, ainsi que le rideau, dans sa situation primitive.

STRASS. Voyez VERRE.

STRONTIANE. Oxyde de strontium rangé dans la classe des terres alcalines et qui a la plus grande analogie avec la baryte par l'ensemble de ses caractères. La strontiane se trouve ordinairement dans la nature à l'état de sulfate; en calcinant ce dernier au rouge, dans des creusets, avec 1/6 de son poids de charbon, on obtient du sulfure de strontium qui, délayé dans l'eau et traité par l'acide hydrochlorique, laisse dégager de l'hydrogène sulfuré et donne du chlorure de strontium que l'on obtient cristallisé en faisant évaporer la dissolution. Ce sel cristallise en aiguilles prismatiques incolores et est très soluble dans l'eau. Sa dissolution alcoolique brûle avec une flamme pourpre très brillante. C'est le seul sel de strontium que l'on prépare un peu en grand dans les arts; il est employé dans les feux d'ARTIFICE pour produire une belle flamme pourpre.

STUC. Voyez PLATRE.

STUFFING-BOX. Voyez MACHINE A VAPEUR.

SUBLIMATION. Voyez DOCIMASIE et METALLURGIE.

SUCCIN. Voyez AMBRE JAUNE.

SUCRE (*angl.* sugar, *all.* zucker). Vulgairement, on donne le nom de sucre aux substances qui ont une saveur douce et agréable. Les substances douées de cette saveur offrent aux chimistes des différences tellement marquées, qu'ils ont dû réserver le nom de sucre aux produits se transformant, par la fermentation, en alcool et en acide carbonique, et séparer les corps offrant cette propriété caractéristique, des substances douces qu'on retrouve dans le lait, la manne, la racine de réglisse, qui, n'étant pas fermentescibles, forment une classe à part.

Les chimistes modernes admettent deux grandes variétés de sucre : le sucre cristallisable, provenant de la canne, de la betterave, de l'érable, et qu'on trouve encore dans les melons, les châtaignes, dans le chaume de maïs et dans celui de quelques sorghos, plantes du genre *holcus*, dans les citrouilles, où il existe en quantité assez notable. La seconde variété, ou sucre mamelonné (voyez GLUCOSE), comprend les sucres qui peuvent s'extraire des raisins, des pommes, des groseilles et d'une quantité de fruits. Nous comprenons aussi dans cette variété les sucres provenant de la transformation (sous l'influence des acides ou de la diastase) de l'amidon, du ligneux, de la gomme, et même du sucre ordinaire, les sucres de miel, de diabète. En groupant dans la seconde variété tous ces sucres qui offrent quelques dif-

Digitized by Google

férences, nous ne satisfaisons pas peut-être à une théorie rigoureuse, nous ne les considérons qu'au point de vue industriel. Après quelques considérations générales sur le sucre ordinaire ou cristallisable, nous parlerons de son extraction en grand, nous nous occuperons ensuite des autres sucres.

SUCRE ORDINAIRE OU CRISTALLISABLE.

Quelle que soit son origine, une fois que le sucre est extrait et purifié par le raffinage, il présente toujours les mêmes caractères.

A l'état de pureté il est solide, incolore, cristallise en prismes rhomboïdaux à sommets diedres, et a une densité de 1,606. Le sucre est soluble dans l'eau; il faut, pour le dissoudre, un tiers de son poids d'eau froide, l'eau bouillante le dissout en toutes proportions; il est insoluble dans l'éther et l'alcool absolu. L'alcool affaibli le dissout en proportions variables, suivant sa richesse. Il n'est pas précipité par l'acétate, ni par le sous-acétate de plomb, ce qui permet de le séparer dans l'analyse de plusieurs autres substances organiques. Le sucre est phosphorescent; cassé ou frotté dans l'obscurité, il devient lumineux. M. Baudrimont attribue ce phénomène de phosphorescence à une réaction dans laquelle les molécules du sucre seraient décomposées; de la peut-être, ajoute-t-il, cette altération qui fait que le sucre en poudre est moins agréable que le sucre en morceaux. Cette opinion nous paraît probable, car la saveur du sucre, surtout du sucre très dur, du sucre candi, est modifiée par l'action de la râpe et du pilon qui lui donne un léger goût d'empyreume.

Soumis dans une cornue à l'action du feu, le sucre entre en fusion, se boursoufle, se colore en brun, en dégageant une odeur particulière, l'odeur du caramel. Le résidu de sa distillation est un charbon poreux et brillant. L'acide nitrique le transforme, à une douce température, en acide oxalique, avec dégagement de vapeurs rutilantes.

L'eau saturée à chaud de sucre et soumise ensuite à un refroidissement lent, laisse déposer des cristaux de sucre candi qui diffèrent selon que l'on a employé le sucre de canne ou le sucre de betterave. Leur forme cristalline est la même; mais dans le premier cas les cristaux sont épais et courts, dans le second plats et allongés.

La nature du sucre, tenu en dissolution dans l'eau, est changée par une ébullition prolongée de 15 ou 20 heures; il y a production de glucose ou sucre incristallisable.

Le sucre est altéré par les acides; les produits résultant de cette altération varient suivant que ces acides cèdent ou ne cèdent pas de l'oxygène au sucre.

Le sucre subit encore une autre altération quand on le met en contact avec certaines matières organiques, la fermentation visqueuse qui s'opère le change en une matière mucilagineuse.

D'après MM. Gay-Lussac et Thénard, la composition du sucre est de :

Carbone.	42,15
Oxygène.	51,42
Hydrogène.	6,43
	100,00

ce qui conduit à la formule : $C^{24}\ H^{22}\ O^{11}$.

Le sucre forme des combinaisons salines avec les alcalis, l'oxyde de plomb et le sel marin. Les sels de chaux ont souvent une influence nuisible dans la fabrication. On a remarqué que les sucres bruts qui contenaient un excès de chaux attiraient fortement l'humidité, ce qui en rend la conservation plus difficile.

Pris à petite dose, le sucre facilite la digestion; il est même utile d'en accompagner certains fruits, et dans ce cas son usage est généralement répandu. Mais il ne s'ensuit pas que son usage exclusif soit hygiénique. Dans le traitement des empoisonnements par l'acétate de cuivre, il est d'un grand secours et s'administre alors dissous dans l'eau ou à l'état de sirop.

Les anciens ont connu le sucre et on en trouve les preuves dans les monuments littéraires qu'ils nous ont laissés; ils en firent usage sous trois formes différentes et l'on conçoit que la découverte leur en fut aisée; ce sont d'abord le miel, puis la manne et enfin la canne à sucre dont la saveur dut les frapper. Plusieurs auteurs, en parlant des anciens peuples de l'Inde, disent qu'ils avaient l'art de faire une boisson, en exprimant une espèce particulière de roseau. Toutefois, il serait difficile d'indiquer au juste le pays et l'époque où en fut faite la découverte. Strabon, Dioscoride, Eginete, etc., sont les auteurs qui en font mention et qui seuls peuvent guider les investigations sur cette matière. Erastothène va jusqu'à dire positivement que l'on solidifiait la liqueur obtenue par la pression des roseaux. Il est donc notoire que le sucre était connu antérieurement à l'ere chrétienne.

De la canne à sucre. Humboldt, après avoir fait dans le Nouveau-Monde les recherches historiques et botaniques les plus consciencieuses, est arrivé à conclure qu'avant la découverte de l'Amérique par les Espagnols, les habitants de ces continents et ceux des îles voisines ne connaissaient ni la canne a sucre, ni le riz, ni aucune de nos céréales. D'après les auteurs qui assignent à la canne une origine orientale, voici dans quelle progression sa culture se propagea. Transplantée d'abord de l'Asie dans l'île de Chypre et de là en Sicile, selon quelques-uns ce furent les Sarrasins qui l'apportèrent directement de l'Inde dans cette dernière île où dès l'an 1148 on recoltait une assez grande quantité de sucre. Lafitau rapporte la donation faite par Guillaume, second roi de Sicile, au couvent de Saint-Benoit, d'un moulin pour écraser les cannes, avec tous ses droits, ouvriers et dépendances. Cette donation remarquable porte la date de 1166. Suivant le même auteur, la canne à sucre aurait été apportée en Europe à l'époque des croisades. Le moine Albert Aguensis, dans la description qu'il a donnée des procédés employés à Acre et à Tripoli pour l'extraction du sucre, dit que les soldats chrétiens, manquant de vivres, eurent recours aux cannes à sucre qu'ils suçaient pour subsister. Vers l'an 1420, don Henri, régent de Portugal, fit transporter la canne à sucre de la Sicile à Madère. La canne réussit parfaitement à Madère et aux îles Canaries, et jusqu'à la découverte de l'Amérique ces îles approvisionnerent l'Europe de la majeure partie du sucre qui s'y consommait.

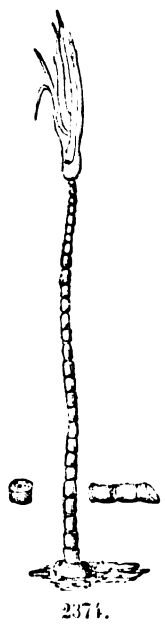
Des Canaries la canne passa au Brésil; quelques auteurs croient cependant qu'elle y fut portée par les Portugais de la côte d'Angola en Afrique. Enfin, en 1506 la canne fut transportée du Brésil et des Canaries a Hispaniola (Haïti), où plusieurs sucreries furent successivement établies.

Il paraîtrait cependant, d'après ce que dit Pierre Martyr dans le troisième livre de sa première décade, écrite pendant la seconde expédition de Christophe Colomb, qui eut lieu de 1493 à 1495, que déjà à cette époque la culture de la canne était très répandue à Saint-Domingue. Mais on pourrait supposer qu'elle y avait été apportée par Christophe Colomb, avec d'autres productions, de l'Espagne et des Canaries, et que cette culture était en pleine activité lors de la seconde expédition. Vers le milieu du dix-septième siècle la canne à sucre fut portée du Brésil aux Barbades, dans les autres possessions anglaises, dans les îles espagnoles de l'Amérique, au Mexique, au Pérou, au Chili, enfin dans les colonies françaises, hollandaises et danoises.

La canne à sucre (fig. 2374) (arundo saccharifera) est une plante de la famille des graminées, dont la hauteur a généralement 3^{m} et atteint souvent jusqu'a 6^{m}.

Digitized by Google

Son diamètre a 0m,04 environ. Sa tige est lourde, cassante, d'une couleur verte qui vire au jaune aux approches de la maturité; de 8 en 8 centimètres la tige est partagée perpendiculairement à son axe par des nœuds circulaires, saillants, d'un jaune pâle. De ces nœuds partent des feuilles qui tombent à mesure que la canne mûrit. Ces feuilles, longues de 1m,25, larges de 3 à 5 centimètres, sont planes, droites et pointues, d'un vert sombre, striées dans leur longueur, alternes, et embrassent la tige par leur base. Une dentelure presque imperceptible garnit les côtés de ces feuilles.



2374.

Vers le douzième mois de leur croissance les cannes poussent un jet de 2m à 2m,50 de hauteur et d'un diamètre de 12 à 13 millimètres, lisse et sans nœuds; ce jet s'appelle flèche. Il se termine par un ample panicule, long d'environ 0m,60, divisé en plusieurs ramifications noueuses, composées de fleurs nombreuses, blanches, à pétales, à 3 étamines dont les anthères sont un peu oblongues. Les racines de la canne sont géniculées, presque cylindriques. Leur diamètre est de 2 à 3 millimètres, leur plus grande longueur de 0m,30, présentant dans son étendue des radicules rares et courtes.

Dans un état complet de maturité la canne est pesante, très lisse, cassante et, suivant la variété, d'un jaune violacé ou blanchâtre. Elle est remplie d'une moelle fibreuse, spongieuse, d'un blanc sale qui contient un suc doux très abondant; ce suc est élaboré séparément dans chaque entre-nœud dont les fonctions à cet égard sont indépendantes des autres nœuds. La canne se reproduit avec une égale facilité par graine ou par bouture. Ces boutures ou plançons s'obtiennent en coupant des nœuds de 0m,40 à 0m,50, suivant que ces nœuds sont plus ou moins rapprochés; ils sont pris généralement au sommet de la canne. On connaît plusieurs variétés de cannes : la première, la plus anciennement connue, est la créole ou la canne à sucre commune, originairement introduite à Madère. Elle croît partout aisément, dans les régions tropicales, dans un terrain humide et souvent à une hauteur de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans les montagnes de Candina-Masca au Mexique la canne est cultivée avec succès à une hauteur de 1800 mètres au-dessus de ce niveau. La quantité de sucre, cependant, est d'autant plus grande dans la canne qu'elle croît dans une région plus méridionale, et dans des terrains qui ne sont pas trop humides ou inondés.

La seconde variété est la canne d'Otahiti; elle fut introduite en Amérique à la fin du dix-huitième siècle. Cette variété plus forte, plus haute, à nœuds plus espacés, plus hâtive et d'un rendement plus productif, réussit bien dans les terrains trop appauvris pour la canne ordinaire. Elle pousse à des températures qui arrêtent la croissance et le développement de la canne créole. Elle ne met jamais plus d'un an pour arriver à sa maturité qui souvent a lieu au bout de 9 mois.

Plus de force dans sa tige et dans la texture de ses fibres la font résister aux ouragans. Sa floraison est plus riche, elle l'emporte en poids sur l'autre d'un tiers, et donne environ un sixième de plus en sucre. Elle a le grand avantage de donner quatre récoltes, tandis que la canne créole n'en donne que trois. Contenant moins de fécule ou de mucilage, elle donne un sucre plus clair et d'un traitement plus facile. Indépendamment de ces deux sortes de cannes, MM. de Humboldt et Bonplandt décrivent la canne à sucre violette (saccharum violaceum), dont le chaume et les feuilles ont cette couleur. Elle a été apportée de Batavia en 1782. Elle fleurit un mois avant les autres espèces, au mois d'août. Elle renferme, dit-on, un sucre moins soluble, d'une teinte violette. Ces inconvénients disparaîtraient peut-être par un travail et une décoloration des sirops bien entendus. Les produits que fournit cette canne sont employés à la fabrication du rhum.

Quoique nous ayons dit que la canne à sucre se propage également bien par semis et par bouture, nous devons faire remarquer que dans les colonies du Nouveau-Monde la canne à sucre fleurit, il est vrai, mais elle y flèche, c'est-à-dire que sa tige s'allonge et que les germes avortent : aussi ne peut-on la multiplier que par bouture.

C'est par le repiquage de boutures, et surtout par les rejetons qui poussent quand on a coupé la maîtresse-tige, que les champs de cannes se regarnissent. Ces rattoons (c'est une altération du mot rejetons) mûrissent ordinairement en douze mois; mais il n'en est point de même des cannes de première pousse, appelées cannes de plant, parce qu'elles sont le produit direct des boutures originaires; leur maturité exige beaucoup plus de temps.

D'après M. Péligot 100 parties de canne à sucre renferment :

Eau.	72,1
Substance ligneuse	9,9
Matières solubles.	18,0
	100,0

« Je pense, ajoute notre savant chimiste, qu'on peut admettre aujourd'hui comme un fait bien établi, que la substance insoluble, le ligneux, qui forme la charpente solide de la canne, y existe dans la proportion moyenne de 9 à 11 p. 100. Je ne veux parler ici que des cannes en âge d'exploitation. »

Cependant, M. Guignot a obtenu à la Martinique pour 150 kilogr. de canne 18,5 de bagasse, ce qui ferait 13 de ligneux pour 100 de canne.

Quant au jus ou vesou, voici quel est le résultat de son analyse :

Sucre.	20,90
Eau.	77,47
Sels minéraux	1,70
Produits organiques.	0,23
	100,00

« Le jus de canne, ajoute M. Péligot, n'est donc autre chose que de l'eau sucrée, à peu près pure, composée de 1 partie de sucre pour environ 4 parties d'eau. »

EXTRACTION DU SUCRE DE CANNE. Les premières machines employées pour exprimer le suc des cannes étaient des moulins semblables à ceux qui servent à écraser les pommes pour faire le cidre, et dans quelques endroits à broyer le tan. Au centre d'une aire circulaire de 2m,27 à 2m,60 de diamètre, s'élève un pivot auquel est attachée une pièce de bois de 2m,92 à 3m,25 de largeur, servant d'axe à une meule verticale qui repose sur l'aire; un cheval, attaché à la partie de cet axe qui sort de la meule, la promène sur toute la surface de l'aire, sur laquelle on place la substance à écraser. Le travail de cette machine était bien loin de suffire, par sa lenteur, à l'activité qu'il est urgent d'apporter dans une sucrerie : aussi aujourd'hui lui a-t-on universellement substitué les machines à cylindres. Ce fut Gonzalès de Velosa qui, le premier, construisit un moulin à cylindres verticaux, et l'on en a longtemps fait usage. Néanmoins, aujourd'hui, on ne se sert presque partout pour broyer la canne que de moulins à cylindres horizontaux.

Des moulins à exprimer la canne. Fig. 2375, élévation de face; fig. 2378, plan horizontal; fig. 2376, élé-

Digitized by Google

vation d'une des extrémités; fig. 2377, coupe indiquant la disposition des cylindres, tant alimenteur que broyeur, et des plaques directrices.

A, A, massif en maçonnerie; B, B, support de l'appareil; C, C, vis de rappel pour avancer les coussinets des cylindres; D, arbre principal (représenté dans les fig. 2375 et 2378); E, arbre intermédiaire; F F, coussinet de l'arbre principal D; H, roue de transmission, posée sur l'arbre de la machine, auprès de la poulie folle; I, première roue d'engrenage; K, seconde roue de transmission, placée sur le même arbre; L, seconde roue d'engrenage; M, chapeau de bois portant d'aplomb sur les coussinets de l'arbre principal D; N, écrous de pression, serrant le chapeau de bois M contre les coussinets des cylindres; O, O, vis directrices du chapeau: P, cylindre supérieur; Q et R, cylindres inférieurs, l'un alimenteur, l'autre broyeur; S, écrou serrant les cylindres inférieurs Q et R contre l'arbre principal (fig. 2375); T, T, rigoles d'écoulement des jus (figure 2378).

La fig. 2377 montre la disposition respective des cylindres; A, est le cylindre supérieur; C, celui d'alimentation; B, celui qui termine la pression; E, est la trémie d'alimentation; F, celle de sortie.

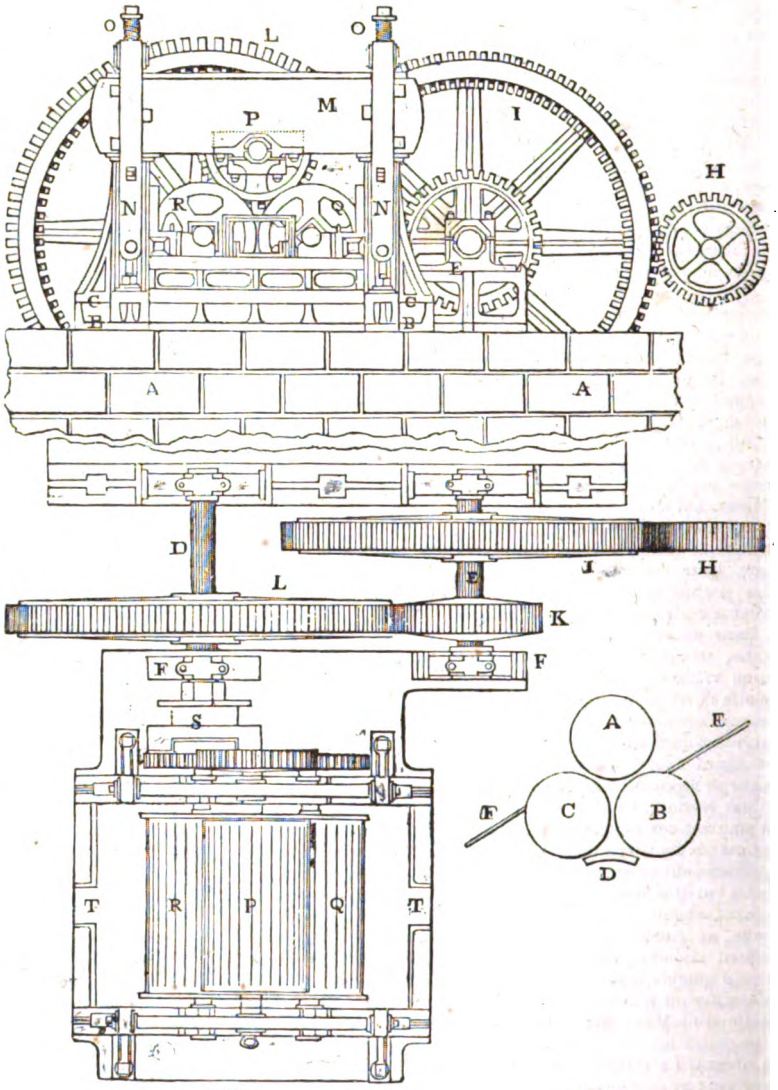
Les cylindres ont 0m,05 à 0m,06 d'épaisseur. Les deux inférieurs ont à leurs extrémités des pièces (fig. 2378), entre lesquels est placé le cylindre supérieur. Ces pièces empêchent les cannes passées ou bagasses de s'écarter du moulin.

Le cylindre alimenteur et le cylindre supérieur sont ordinairement cannelés, souvent diagonalement, afin de moins saisir les cannes placées dans la trémie d'alimentation. Il est préférable néanmoins de ne canneler que le cylindre alimenteur et de laisser unis les deux autres. Le cylindre supérieur n'a guère besoin d'être cannelé, car au bout de quelques semaines sa surface devient assez raboteuse pour pouvoir bien broyer les cannes. Les cylindres broyeurs cannelés ont l'inconvénient, non seulement de se charger d'une portion de jus que la bagasse spongieuse absorbe bientôt, mais encore de trop déchirer celle-ci et de rendre ainsi le travail incommode.

Aujourd'hui, la planche ou trémie d'alimentation est ordinairement en fonte; elle est très large et très inclinée afin que les cannes puissent facilement glisser vers les cylindres. Celle de décharge est aussi en fonte; elle est resserrée à son extrémité pour que l'écoulement du jus se fasse plus aisément. Cette trémie, qui est concave, était autrefois percée de trous pour mieux égoutter le liquide; mais cela était fort incommode, en ce que les esquilles de la canne broyée s'embarrassaient souvent dans ces trous et la retenaient. La rigole d'écoulement est étroitement ajustée au cylindre, afin de recevoir le jus, sans qu'il s'y mêle des morceaux de bagasse.

Dans les districts de Demerara, de Surinam, de Cayenne, et dans tous ceux de la Trinité, on adapte ordinairement au moulin une pompe que le cylindre supérieur met en mouvement. Le liquide coule du récipient dans la citerne où plonge la pompe et celle-ci l'envoie aux chaudières de clarification. Les pompes dont on fait usage ont tous leurs conduits en cuivre et

2376.



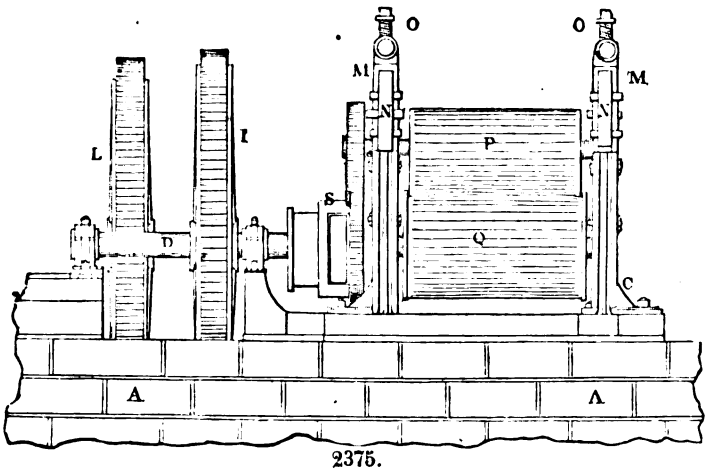
2378.

2377.

Digitized by Google

fonctionnent très lentement. Il est bien important que leur force réponde à la quantité du jus à élever ; car, ou le travail languirait, ou le jus foulé trop rapidement dans les tuyaux, frotté et battu par l'air, arriverait fermenté dans le réservoir.

La vitesse des cylindres, à leur circonférence, est de 1m,20 environ par minute. Pour obvier aux résistances occasionnées soit par une alimentation, soit par le frottement accidentel des cannes (ce qui arrête quelquefois la machine et brise l'arbre), on donne à l'arbre principal



2375.

Quand le moulin est en mouvement, le cylindre alimenteur est maintenu à environ un demi-pouce du cylindre supérieur, mais le troisième cylindre est tellement serré contre celui-ci que la bagasse ne peut trouver passage entre eux que déjà broyée.

On apporte au moulin les cannes à sucre en bottes et coupées par longueurs d'un mètre ; le nègre, chargé de fournir l'appareil, les place sur la trémie d'alimentation et les y étale le plus également possible. Là les cylindres, en tournant, s'en emparent et les serrent. Le jus exprimé coule dans le récipient, et les cannes, guidées entre les trois cylindres par les plaques directrices, sortent du moulin et viennent tomber sur le sol complétement pressées. La bagasse, alors à l'état de *moelle* et privée de tout suc, est liée en bottes et séchée au soleil, puis mise de côté pour servir de combustible.

Voici quels sont les avantages comparatifs des moulins horizontaux et verticaux : le moulin horizontal est d'une construction moins chère, il est plus facile à placer, il diminue la main-d'œuvre de moitié et fonctionne beaucoup mieux. Ses plaques directrices permettent de donner à la canne une dernière pression plus complète, et la bagasse ne sort pas brisée de l'appareil, comme cela a lieu dans le moulin vertical ; ce qui rend son séchage et sa mise en magasin plus facile et moins coûteux.

Le moulin vertical jouit d'un avantage précieux en ce qu'on peut le laver plus aisément. Il est facile à monter et son prix n'est pas élevé, car on peut faire toute sa membrure en bois. Mais le travail considérable, qu'exige son alimentation, fait qu'il ne peut guère servir, que quand on a pour moteur un moulin a vent ou un manége mû par des bœufs.

Voici les dimensions des meilleurs moulins horizontaux :

PUISSANCE de la machine.	LONGUEUR des cylindres.	DIAMÈTRE des cylindres.
8 chevaux	1m,20	0m,63
10 —	1m,35	0m,68
12 —	1m,40	0m,70

et à la roue de transmission une solidité et une pesanteur extraordinaires.

On obtient, par l'écrasement des cannes, un rendement en *vesou* (c'est le nom que l'on donne au jus dans les fabriques) qui varie, suivant les procédés employés, et dont voici la moyenne :

61,8 de vesou pour 100 de canne par les moulins hydrauliques ;

61,2 par ceux à cylindres horizontaux ;

60,9 par les moulins à vapeur ;

59,3 par les moulins à eau et à vent ;

52,2 par les moulins à cylindres verticaux ;

58,5 par les moulins à bêtes ;

56,4 par les moulins à vent qui sont encore employés en grand nombre à la Guadeloupe où 600 moulins fonctionnent journellement.

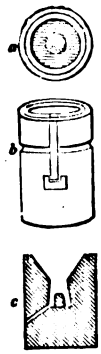
Cette moyenne est établie sur le résultat d'essais exécutés sur 17 moulins à eau, 15 à vent, 7 à cylindres horizontaux et 5 à vapeur. Les circonstances, dans lesquelles ces expériences ont été faites, sont celles ordinaires à la fabrication. La différence que l'on remarque dans ces chiffres vient du plus ou moins de pression produite.

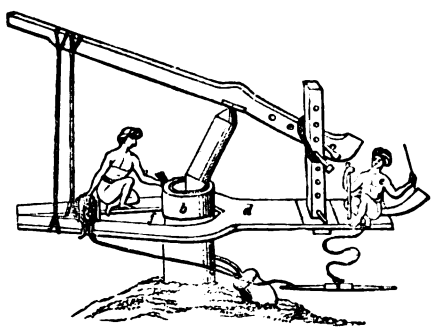
Pour donner une idée des moyens grossiers employés dans l'Inde pour fabriquer le sucre de canne, ce qui explique bien pourquoi ses produits ne viennent pas lutter plus avantageusement avec ceux des Antilles, nous décrirons seulement deux moulins, employés pour exprimer le sucre des cannes.

Le moulin à sucre de Chinapatam (fig. 2379) consiste en un mortier, un levier, un pilon et un régulateur. Le mortier est un arbre d'environ 3m de long et de 0m,35 de diamètre ; *a* est la représentation de son extrémité supérieure ; *b* en est une vue extérieure et *c* une section verticale. Il est enfoncé perpendiculairement en terre et ne laisse voir à la surface du sol qu'un bout de 0m,60. Le trou de ce mortier est conique ; il est tronqué à sa partie basse où il devient cylindrique ; au fond se trouve pratiqué un canal qui permet au jus de couler librement dans une rigole, au bout de laquelle un pot de terre le reçoit. Autour de l'ouverture supérieure du cône est une cavité circulaire où se rassemble tout le jus qui s'échappe du haut des bouts de canne ; un conduit placé à l'extrémité du mortier envoie ce jus à la rigole. La flèche *d* a

Digitized by Google

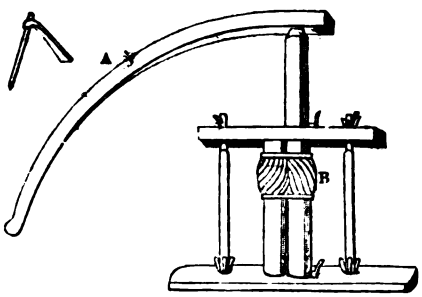
à peu près 5m de longueur et 0m,15 d'épaisseur ; elle est faite avec un gros arbre dont le tronc en forme de fourche se sépare en deux bras. Dans cette fourche est une excavation qui laisse place au mortier *b*, autour duquel la flèche tourne horizontalement. Un demi-cercle d'un bois très fort maintient la forme de cette excavation. L'extrémité du côté de la fourche est tout à fait couverte afin qu'on puisse facilement changer la flèche. Sur la partie de la flèche qui n'est point divisée est assis le conducteur de bœufs *e* ; ces animaux sont attelés avec une corde qui part de l'extrémité de la flèche ; une autre corde, qui va du joug à l'autre bout de la flèche, les empêche de tirer en dehors du cercle. Sur le prolongement est un baquet rempli de cannes à écraser ; entre ce baquet et le mortier est assis l'homme qui alimente l'appareil. Au moment où le pilon descend, il introduit les morceaux de canne dans la cavité du mortier, et quand le pilon en est sorti, il retire ceux qui ont été pressés.





2379.

A Chica Ballapura, le moulin à sucre est mis en mouvement par une seule paire de buffles ou de bœufs (figure 2380) qui tournent autour à l'aide d'un levier A



2380.

qui est fixé en haut du cylindre de droite. Les deux cylindres ont leur partie inférieure taillée en vis sans fin B et formée de 4 rainures et de 4 languettes spirales qui sont coupées en sens inverse et s'emboîtent l'une dans l'autre, quand le moulin est en mouvement. Les rouleaux, ainsi que leurs chapiteaux, sont d'une seule pièce et sont faits avec un bois extrêmement dur qui ne communique aucun mauvais goût au jus. Ils sont maintenus par un fort châssis en bois ; leur écartement est réglé au moyen de coins qui passent à travers de mortaises dans les planches du châssis et pressent l'axe de l'un des rouleaux. L'axe de l'autre serre contre le côté gauche du trou dans les planches du châssis. Le jus de canne coule le long des rouleaux par un trou qui est au bas des châssis, et une rigole de bois le conduit dans un pot de terre. Deux longs poteaux enfoncés en terre suffisent pour fixer le moulin et lui donner toute la solidité dont il a besoin. La partie inférieure du châssis repose sur le sol qu'on a soin de choisir ferme et uni, afin que les poteaux puissent mieux y tenir. On fait un trou en terre juste au bout de la rigole et l'on y place le pot qui sert de récipient.

Revenons au travail régulier de la canne à sucre :

Le jus obtenu se compose de deux parties, l'une solide, l'autre liquide. Il est important de les séparer immédiatement, sans quoi la partie solide développerait la fermentation de la partie liquide et cela au détriment du principe sucré qu'elle contient. Le repos et le filtrage sont les deux moyens que l'on emploie, et des deux il est important de choisir le plus expéditif.

Cette partie solide contient des débris de cannes, une fécule verte, de l'acide malique, de la gomme, du sucre cristallisable et incristallisable. Au sortir des cylindres le vesou est trouble, d'un gris verdâtre, une couche de mousse épaisse le recouvre, sa saveur est douce, sucrée et son arome est agréable.

Sa pesanteur spécifique est de 1,033 à 1,106, selon les conditions dans lesquelles a été plantée la canne. En effet la richesse saccharine varie avec la nature du sol, la culture, la saison et l'espèce de la plante. Une fois le jus séparé de sa fécule verte et de ses parties glutineuses, il est encore sujet à la fermentation ; mais alors c'est une fermentation alcoolique. Le jus coule du moulin par une gouttière en bois doublée de plomb, et se rend dans la sucrerie où de vastes bassins ou chaudières le reçoivent.

Dans les établissements qui fabriquent pendant le temps de la récolte une moyenne de 15 à 20 barriques de sucre par semaine, trois chaudières de clarification de la contenance de 10 hectolitres chacune suffisent au travail. Avec des chaudières de cette dimension on peut, au moyen d'un robinet ou d'un siphon, décanter lentement la liqueur sans agiter les dépôts d'écumes. Chaque chaudière est disposée sur un foyer séparé garni d'un registre qui modère l'activité du feu.

Dès que le moulin a fourni au clarificur assez de jus frais pour remplir sa chaudière, on allume le feu et on ajoute à la liqueur le *temper*, qui est une dose de chaux délayée avec soin dans un peu de jus. Quand on se sert, pour clarifier, d'une émulsion albumineuse, on a besoin de fort peu de chaux, car le suc de canne récent ne renferme point d'acide à saturer en proportion appréciable. La chaux et les alcalis en général, quand on les emploie en petite quantité, coagulent la matière extractive glutineuse du jus et tendent ainsi à la clarifier ; l'excès de chaux peut toujours être corrigé par un peu d'eau d'alun.

Dans une saison favorable, les cannes venues dans un sol calcaire fournissent une matière saccharine tellement élaborée et un mucilage glutineux si condensé, qu'on peut en tirer un jus parfaitement clair et un beau sucre sans faire usage de la chaux.

A mesure que la liqueur s'échauffe dans la chaudière, une écume formée du coagulum du jus de canne monte à sa surface. On pousse graduellement le feu jusqu'à ce que la température approche du point de l'ébullition, qu'il ne faut pourtant pas atteindre. On juge que la chaleur est suffisante quand l'écume s'élève et forme des flocons qui, en se déchirant, donnent naissance à une matière blanchâtre. Cela a lieu environ 40 minutes après que le feu a été allumé. On l'éteint alors en baissant le registre ; on laisse reposer pendant

Digitized by Google

une heure la liqueur clarifiée; puis on l'introduit dans la plus grande des chaudières d'évaporation qui est la dernière de la rangée.

Le critérium, qui indique aux nègres cuiseurs le point convenable de concentration, est difficile à décrire; l'expérience et la sagacité de l'ouvrier sont la pour beaucoup. Quelques-uns d'eux jugent du degré de cuite par le grain qui se forme sur l'écume refroidie; mais la plupart décident par le toucher, ce qui consiste à prendre une goutte de sirop avec l'index, à la presser contre le pouce, et à écarter ensuite ces deux doigts en regardant l'effet du liquide interposé. La longueur du filet qui se rompt a une certaine extension et se retire vers l'index, et est en quelque sorte proportionnée au degré de concentration.

Il est bon, en outre, d'examiner l'apparence de la granulation, car un sirop visqueux et de mauvaise qualité peut fournir un filet assez long, et une fois refroidi cristalliser à peine. Il faut donc tenir compte et de l'aspect et de la solidité des grains, qui, jusqu'à ce qu'on remplace le mode actuel de concentration du jus de canne par un procédé plus perfectionné, continueront d'être les guides-pratiques des cuiseurs nègres.

Dans les colonies, la purgerie est un vaste bâtiment au rez-de-chaussée duquel est une cave qui sert de réservoir aux mélasses. Cette cave ou citerne est doublée de plomb, planchéiée ou garnie de ciment; son fond est légèrement incliné; elle est en partie recouverte d'un massif solide, sur lequel reposent debout les tonneaux à emporter. Ces tonneaux sont simplement des barriques à sucre, vides et sans couvercle, dont le fond est percé de huit ou dix trous, dans chacun desquels est enfoncé un bouchon qui dépasse le dessus et le dessous du tonneau de $0^m,15$ à $0^m,20$. On appelle empotage l'acte qui consiste à verser le sucre concret des cristallisations dans ces barriques. Les trous du fond et les bouchons spongieux qui y sont enfoncés permettent aux mélasses de couler peu à peu dans la citerne qui est au-dessous. Ordinairement on laisse le sucre de qualité moyenne pendant trois ou quatre semaines dans la purgerie; celui dont le grain est gros et mou y reste un mois à six semaines. La purgerie doit être bien close et bien chauffée, afin que la liquéfaction et l'écoulement des parties visqueuses s'opèrent bien.

Lorsque l'on veut faire du sucre terré on concentre davantage le sirop, et quand on a envoyé trois ou quatre cuites au rafraîchissoir, on les brasse afin d'obtenir un grain uniforme. Des ouvriers transvasent ensuite ce sucre chaud dans des moules coniques, appelés *formes*, qui sont en poterie grossière, et ont à leur extrémité un petit orifice que l'on bouche avec une cheville en bois enveloppée dans une feuille de maïs. On range ces formes la pointe en bas, en les appuyant l'une contre l'autre. Comme la capacité des plus grandes d'entre elles est beaucoup moindre que celle des plus petites barriques d'empotage, et que le travail dure plusieurs semaines, il est nécessaire que les chambres à terrer soient très spacieuses. Quand le sirop est convenablement pris, ce qui a lieu ordinairement au bout de dix-huit à vingt heures, on ôte aux formes leurs tasses ou bouchons, et on les met chacune sur un pot en terre pour les faire égoutter. Au bout de vingt-quatre heures on remplace les pots pleins par des pots vides, et l'on porte la mélasse contenue dans les premiers à la chambre de fermentation, ou bien on la vend. On procède alors au terrage : cette opération consiste à verser sur le sucre, à la base de la forme, une couche de terre argileuse délayée en bouillie un peu épaisse. L'eau qui se trouve dans la glaise s'en échappe par une infiltration lente, et se répandant également dans toute la masse du sucre, elle entraîne avec elle le sirop visqueux qui s'y trouve et qui est plus prompt à se dissoudre que les cristaux. Quand la première couche de terre est entièrement sèche on la remplace par une seconde, et souvent on en emploie une troisième, jusqu'à ce que le sucre soit assez blanc et assez purifié. Alors on le fait sécher à l'étuve, puis l'ayant brisé par morceaux, on le réduit en poudre grossière et on l'embarque pour l'Europe.

Les sucres terrés se classent par nuances diverses, selon la place qu'ils ont occupée dans la forme pendant l'égout et le terrage. Dans le commerce français on les distingue par *première*, *seconde*, *troisième*, *forte basse*, *commune en tête*. Ce dernier article, qui est la pointe du pain, est un produit très inférieur. Le sucre terré de Cuba prend le nom du port où on l'embarque, et s'appelle sucre Havane.

Il faut employer pour faire le sucre terré la canne la plus mûre, car un jus qui contiendrait beaucoup de gluten se graisserait trop pendant la concentration, pour que le terrage pût ensuite le purifier. On reçoit dans un bâtiment à part, nommé la raffinerie, les sirops, qui s'égouttent après l'application des seconde, troisième et quatrième couches de terre, et l'on en obtient encore des sucres assez beaux. Leur égout se rend à la citerne des mélasses. Les formes restent vingt jours dans la chambre à terrer avant qu'on en retire le sucre.

On a rarement recouru au terrage dans les colonies anglaises, parce qu'on a trouvé que l'augmentation de travail et la diminution de sucre qu'il entraîne, n'étaient compensées par la qualité supérieure des produits. Les consommateurs français, néanmoins, ont fait pendant longtemps un tel cas du sucre terré, qu'à Saint-Domingue seulement plus de quatre cents sucreries en fabriquaient.

DU SUCRE DE BETTERAVE.

De la betterave, de ses variétés, de sa culture. La betterave est une plante bisannuelle du genre bette, de la famille des Chinopodées, famille qui comprend les salsola, suœda, altriplex, salicornia; plantes alcalines dont on extrait une grande quantité de sels alcalins par incinération. La présence de ces sels dans la betterave étant un des plus grands obstacles à l'extraction du sucre, on comprendra de suite de quelle importance est la nature du sol pour la culture de la betterave, plante éminemment absorbante.

Linnée admet cinq variétés de betteraves. De ces cinq variétés on s'accorde à donner la préférence à la *beta alba*, betterave blanche de Silésie. Quoiqu'il soit généralement reconnu aujourd'hui que toutes peuvent être employées indifféremment, et que la cause du plus ou moins de rendement gît dans la nature du sol et dans les soins apportés à la culture, on s'accorde aussi à admettre que les petites betteraves, à poids égal, fournissent autant de sucre, si ce n'est plus; d'ailleurs, leur culture offre infiniment moins de difficultés.

Pour cultiver la betterave, on doit choisir un terrain meuble; c'est d'ailleurs celui qui convient le mieux aux plantes à racines pivotantes. Les terrains placés dans des bas-fonds, les prairies, après toutefois avoir laissé le temps nécessaire à la décomposition des racines, les champs susceptibles d'être inondés, sont très propres à recevoir des betteraves. Ce à quoi doit veiller surtout le cultivateur, c'est à ce que, même dans les années sèches, ses semences ne soient pas privées d'humidité; la chaleur et l'humidité sont les deux principes de toute culture, et principalement de celle de la betterave. Il ne faudrait pas cependant en conclure que l'on obtiendrait un plus grand rendement dans les climats brûlants de l'Afrique et de nos colonies, il est reconnu que la limite qu'il ne faut pas dépasser est environ le 45e degré de latitude, sous peine de n'obtenir qu'une production insignifiante sous le rapport de la matière sucrée.

Digitized by Google

Lorsque l'on veut semer la betterave, il est nécessaire de faire deux ou trois labours preliminaires et profonds, qui doivent précéder immédiatement l'époque de l'ensemencement. Le système d'assolement le plus convenable doit être au moins de trois ans, ou mieux de quatre ans. On peut néanmoins obtenir plusieurs années de suite des récoltes de betteraves dans le même terrain. M. Grenet Pelé, de Tours, en a récolté pendant dix années consécutives, sans que les produits aient été inférieurs un seul instant.

La plupart des engrais conviennent à la culture de la betterave. Les fumiers de basse-cour et de litière, les résidus des fabriques de sucre, le parcage des moutons, sont des engrais très énergiques, mais que l'on ne doit employer qu'au moment de l'ensemencement. Généralement toutes les matières animales conviennent parfaitement à l'engrais des terrains destinés à recevoir la betterave. La chair et le sang secs, réduits en poudre et répandus dans une proportion de 500 kilogr. par hectare, les os pulvérisés, le noir animal jeté à raison de 15 hectolitres par hectare, 18 hectolitres de poudrette ou 10 hectolitres du *noir animalisé* de M. Salmon, sont un des meilleurs engrais dont on puisse se servir. Le guano aurait infailliblement le même avantage, et, de même que ces diverses matières, on peut, soit le répandre également partout, ou en entourer particulièrement les betteraves.

En France, le rendement d'un bon terrain par hectare peut s'élever jusqu'à 50.000 kilogr., et suivant un tableau de M. Dubrunfaut, établi sur une moyenne de dix établissements, jusqu'à 24.000 kilogrammes, en temps moyen.

On choisit pour semenceaux les plants les plus développés; on les repique à 0m,60 à 1m,00 de distance, à l'abri des vents. La graine mûrie au mois de septembre est recueillie en coupant les tiges; quand celles-ci sont desséchées on en détache les graines, soit à la main, soit avec un bâton, puis on les met au grand air étendues sur des toiles, afin d'éviter toute espèce de fermentation, puis, après une entière sécheresse, l'on vanne et l'on serre les grains obtenus en les garantissant avec soin de l'humidité.

Chaque plant fournit de 150 à 300 gram. de graines, mais la moitié au moins est inutile et doit être séparée; c'est généralement celle qui provient du haut des tiges et qui n'est point parvenue à maturité. Elle ne produit que des jets rabougris.

C'est aux beaux jours du printemps et après les dernières gelées, environ vers le mois de mars, que l'on doit procéder à l'ensemencement. Les semis exécutés trop tôt ont à redouter la fraîcheur de la terre, qui les fait pourrir; la moindre gelée détruirait les germes. Ceux au contraire que l'on ferait trop tard seraient atteints par la sécheresse, et les grains ne pourraient parvenir à percer la croûte qui se formerait à la surface de la terre, et les espérances du cultivateur seraient étouffées au berceau.

Suivant M. Chaptal, 6 kilog. de graine suffisent pour ensemencer un hectare. M. Dubrunfaut porte la quantité nécessaire aux semis du même espace de terrain à 15 kilog. Ajoutant à cela la moitié en sus pour le triage de la graine, l'on aura pour l'un 9 kilog., pour l'autre, 22 kilog. 1/2. La différence entre ces deux données vient de la méthode employée pour semer.

Il y a trois méthodes d'ensemencement, savoir : *à la volée*, par *repiquage* ou *en rayons*.

La première, quoique généralement appliquée, offre un grand inconvénient, en ce qu'elle nécessite une grande quantité de graines, et qu'elle forme des amas de plants que l'on est obligé ensuite d'arracher, de replanter, pour ne pas gêner la végétation et pour l'égaliser.

Ces deux opérations, qui se font six semaines après que la graine a levé, se nomment *éclaircir* et *repiquer*. On observe généralement une distance de 0m,40 à 0m,50 entre chaque plant.

La seconde méthode se pratique comme celle employée pour les semis d'arbres. On sème dans un petit espace la graine nécessaire au terrain que l'on veut cultiver, et un mois et demi après la levée on arrache les jeunes plants et on les repique, en observant la distance que nous avons déjà indiquée. Seulement avant le repiquage on a soin de couper les feuilles jusqu'à 0m,10 du collet, sans cela la sécheresse ferait périr la plante. Cette méthode offre de grands désavantages; elle arrête la végétation et la retarde, en outre il est commun de rompre ou de tordre tellement la racine, qu'elle reste tordue et rend ainsi son nettoyage très difficile.

Quant à la méthode par rayons, elle consiste à promener une herse, dont les dents sont convenablement écartées, sur le terrain que l'on veut ensemencer. Des femmes suivent la herse et jettent à 0m,40 de distance les unes des autres les graines, puis l'on passe sur le champ la herse retournée, afin de recouvrir la semence. On a appliqué à cette méthode le semoir mécanique, qui présente cet avantage que la graine est répandue avec une grande égalité sur toute la surface du terrain.

A ces trois modes d'ensemencement vient se joindre celui qui est employé en Angleterre avec succès. On trace deux sillons parallèles que l'on garnit convenablement de fumier, puis on en creuse un troisième au milieu qui vient recouvrir à droite et à gauche les premiers. La graine doit être placée dans la longueur des sillons, perpendiculairement au fumier. Du reste, cette méthode ne dispense point du repiquage et de la nécessité d'éclaircir. Quant à ce qui concerne la préparation à donner au sol avant d'ensemencer, elle est analogue à celle qui se pratique pour les céréales.

A l'époque du repiquage, qui, comme nous l'avons dit, se fait environ un mois et demi après les semences, commence une autre opération, qui consiste à débarrasser la betterave d'une foule de plantes parasites qui se sont développées en même temps qu'elle et qui gêne sa végétation; c'est ce qu'on appelle le *sarclage*. Cette opération se répète trois fois à un mois d'intervalle.

Pendant le cours de la végétation la betterave est sujette à de graves maladies; la rachitisme est l'une d'elles. La plante qui en est attaquée se reconnaît à la petitesse et à la forme de ses feuilles qui se contournent; ses racines se décolorent, et leur chair est entièrement dépourvue de saveur.

Les insectes lui livrent aussi une guerre acharnée, et semblent se jouer des soins que le cultivateur apporte à leur destruction. Les chenilles attaquent ses feuilles; les vers rongent ses racines; il en est un surtout, c'est une espèce de grand ver blanc, qui produit le hanneton, et qui est nuisible à beaucoup d'autres plantes. Lorsque la betterave est attaquée par cet insecte, ses feuilles jaunissent, se penchent et atteignent la terre; sa végétation s'arrête, elle dépérit et devient rachitique; autant vaut alors la sacrifier et détruire avec elle l'ennemi commun.

Aux approches de la maturité, les feuilles de la betterave qui jusque-là avaient été fermes, droites et d'un beau vert, se couvrent de taches rouges, s'abaissent vers le sol et jaunissent; elle est alors arrivée à tout son développement et il faut procéder à sa récolte. Il est bon de l'effectuer un peu avant sa maturité, ou au moins aux premiers symptômes, car si l'on prolonge l'*arrachage* c'est au détriment de la matière sucrée; d'ailleurs le sucre en est d'une plus facile extraction.

L'*arrachage* s'opère à l'aide d'une bêche. Un second ouvrier prend la plante, la secoue pour en détacher la terre, et la met par rang les collets tournés d'un même

Digitized by Google

côté, tandis qu'un troisième, armé d'une bêche tranchante, les coupe. Cette dernière opération s'appelle *décolletage;* elle a pour but d'arrêter la végétation, qui, comme nous l'avons dit, ne se continuerait qu'au détriment de la matière sucrée.

La betterave ainsi traitée est laissée sur le sol quelques jours, surtout si le temps est propice, afin de lui laisser perdre le plus possible la partie aqueuse qu'elle contient, puis elle est mise en tas et portée dans les magasins.

Les feuilles sont en partie destinées à nourrir les bestiaux, et les collets à servir d'engrais à la terre. Ces détritus sont considérés comme équivalents à la moitié de la quantité nécessaire de fumier pour une seconde récolte.

Il ne faut pas croire que parce que la betterave est arrachée, décolletée et emmagasinée, sa végétation soit totalement interrompue; il lui reste encore une espèce de force vitale qui continue à se faire sentir longtemps après que la plante a été séparée du sol. Cette dernière impulsion de végétation est une source de décomposition, surtout si la chaleur et l'humidité ne sont pas écartées avec soin par tous les moyens possibles.

L'emmagasinage est pour le fabricant une opération de la plus haute importance; faite dans de mauvaises conditions elle peut entraîner la perte entière de sa récolte.

Le fabricant doit traiter ses betteraves au fur et à mesure que l'arrachage s'exécute, et sous aucun prétexte il ne doit pas attendre qu'elles arrivent à maturité complète pour en effectuer l'emmagasinage. La prudence exige que cette opération soit terminée avant les grandes pluies et les gelées, qui, tout en entravant les travaux, gâteraient une partie de la récolte.

Soit que le fabricant adopte, pour la conservation des betteraves, des caves ou des silos, il est des précautions générales sur lesquelles nous allons attirer son attention.

Dans aucun cas les betteraves ne doivent être mises en grands tas; elles s'échauffent, s'amollissent, et tombent en morceaux sous les dents de la râpe, au lieu d'être réduites en pulpe fine. Il en résulte une grande perte, au pressage, sur la quantité et la qualité du jus. Les betteraves réunies en grand nombre dégagent une température de 14 à 15°; et cette chaleur suffit pour fomenter leur reste de force vitale.

La récolte rentrée trop humide tend à végéter dans les magasins, surtout par une température douce; cette végétation ne s'opère qu'aux dépens de la matière sucrée.

Il est aussi très important de soigner le transport des racines, d'éviter de les fouler sous les pieds, de les jeter d'une trop grande hauteur; les betteraves meurtries deviennent d'une conservation fort difficile. Les fabricants, pour épargner quelques frais de main-d'œuvre, compromettraient gravement leurs intérêts.

Pour donner une idée de la grandeur des magasins nécessaires à une exploitation, il suffit que l'on sache que 600 kilogr. de betteraves occupent un espace d'un mètre cube. Il est facile de se rendre compte, approximativement, de l'étendue à donner aux caves et silos, d'après la quantité d'arpents ensemencés et l'aspect seul de la récolte, qui trompe rarement un œil exercé.

Plusieurs moyens ont été employés pour arracher la récolte aux influences pernicieuses qui la menacent.

La congélation serait certainement le moyen le plus efficace si son application n'était très difficile, en ce qu'il est presque impraticable d'y soumettre une grande quantité de racines d'une manière uniforme; en effet, le terme de congélation des betteraves est entre 2 et 3° au-dessous de zéro du thermomètre Réaumur. Mais ce terme peut varier suivant la quantité d'eau qu'elles contiennent, et d'ailleurs il est très difficile de maintenir continuellement la même température et d'éviter le dégel, qui détruirait entièrement la récolte. Ce système de conservation n'est bon qu'en théorie, mais s'il était applicable il conserverait la betterave indéfiniment, et n'aurait d'autre inconvénient que de rendre le travail de la râpe plus difficile et plus pénible.

Le moyen le plus généralement employé pour la conservation des betteraves, et qui se présente comme le plus naturel et le plus simple, est de les entasser en plein air par lits de 3 à 4 mètres de hauteur, recouverts de paille pour l'écoulement des eaux. L'inconvénient de ce système gît entièrement dans l'influence des gelées et des dégels, qui ne tardent pas à les faire entrer en putréfaction, et ce sont précisément ces changements de température dont il est urgent de les garantir.

Plusieurs fabricants conservent les betteraves en les enfouissant dans les champs mêmes où on les a récoltées. On dispose à cet effet des fosses appelées silos, de 1m,00 à 1m,30 de profondeur, et l'on recouvre le tout d'une couche de terre en dos d'âne de 1m,30 d'épaisseur.

C'est généralement en France que le système des silos est employé : on leur donne environ un mètre de large sur autant de profondeur et on a soin de les établir à proximité de la fabrique.

M. Mathieu de Dombasle donnait à ses silos 0m,30 de profondeur ou moins, suivant le terrain; ses fosses étaient rondes, d'un diamètre de 1m,30, ou bien il leur donnait la forme d'un carré long dans les mêmes proportions. Il les emplissait en amoncelant ses betteraves au-dessus de la surface du sol, terminant les fosses rondes en cône et les fosses longues par une toiture à deux plans, sur une inclinaison telle, que la terre ne fût pas entraînée par les pluies. Il recouvrait les silos d'une couche de paille, et sur cette paille on jetait la terre provenant du silo et d'un autre fossé creusé à l'effet de recevoir les eaux qui ainsi ne pouvaient séjourner dans le silo, ce fossé étant toujours plus profond.

A la partie supérieure de chaque amas était pratiquée une petite cheminée formée de deux tuiles courbes et qui pouvait se boucher en la remplissant de paille. La terre fortement tassée à la pelle laissait couler l'eau le long des parois sans infiltration aucune.

M. Crespel donnait à ses silos 3 mètres de longueur, 1m,50 de profondeur, 1 mètre de largeur à la base et 0m;64 à la surface. Quand le silo doit avoir une certaine longueur, il est nécessaire d'établir de 6 en 6 mètres une séparation entre les betteraves, soit en laissant une banquette en terre, soit en ménageant un vide. Pour donner passage aux gaz qui peuvent se former, on établit des cheminées, au moyen de deux tuiles, comme nous l'avons dit, ou bien au moyen de fagots de quelques pouces d'épaisseur, placés verticalement. Quand la gelée est à craindre, il faut boucher les cheminées.

Quelques fabricants pratiquent dans le fond des silos de petits canaux de la largeur d'un fer de bêche; on les recouvre des plus grosses racines pour éviter l'engorgement. Ces canaux sont mis en communication avec l'air extérieur par la cheminée; ils ont pour but d'assainir les silos.

Quand une betterave s'altère, elle communique promptement aux autres son altération; en établissant donc des intervalles, on peut remédier à cet accident. Si l'on a lieu de croire qu'il y a fermentation dans un silo, ce dont on s'aperçoit par la vapeur, l'odeur qui s'en échappent et par l'affaissement du toit, il faut de suite l'ouvrir et enlever les betteraves altérées.

Si lorsqu'il gèle on ouvre un silo, il faut le vider complétement. Dans la construction des silos on doit éviter les infiltrations d'eau de source, les betteraves qui croupissent dans l'eau ne tardant pas à se décomposer;

Digitized by Google

on ne doit pas non plus rentrer au silo des betteraves attaquées de la gelée : elles ne s'y conserveraient pas et seraient un foyer d'infection pour les autres.

A tous ces différents systèmes on en a substitué un autre qui consiste à renfermer les récoltes dans des caves ou dans des magasins que l'on a bien soin d'aérer chaque fois que l'état de l'atmosphère le permet, c'est-à-dire chaque fois que le temps est sec et beau.

Dans le nord de l'Europe, là où l'hiver la température descend à 20 et 25° centigrades au-dessous de 0, où plusieurs pieds de neige couvrent la terre pendant 4 et 5 mois, l'emploi des silos est impossible ; il faut construire des caves plus coûteuses il est vrai, en ce qui est du premier établissement, mais qui servent durant un grand nombre d'années.

En Russie, ces caves sont d'une contenance d'un million de kilogrammes dans beaucoup de fabriques. Quand elles sont bien disposées les betteraves s'y conservent fort longtemps sans altération.

Ces caves, ordinairement situées à proximité de la râpe, sont à trois étages formés par des clayonnages, soutenus par des poteaux ; d'autres clayonnages verticaux servent à établir des compartiments, autour desquels l'air peut circuler ; des cheminées en bois établissent, de distance en distance, un appel, qui y maintient une température égale. A chacune des extrémités est un escalier à deux portes pour le service de la cave. Quand le temps le permet ces portes sont ouvertes.

Pour éviter que dans l'entassement les couches inférieures ne soient écrasées par les couches supérieures, on a soin de disposer les betteraves par tas de 3 à 4 mètres au plus et l'on sépare les tas par des espaces qui puissent permettre de surveiller l'état des racines. Chaque fois que la putréfaction s'est mise dans un des lots, on a soin d'en enlever toutes les racines attaquées. Le remplissage des caves s'effectue par l'étage supérieur ; à cet effet on ménage de distance en distance des panneaux par lesquels on verse les betteraves. Comme les caves sont assez profondes, pour ne pas meurtrir les racines, on établit entre les panneaux et le fond une manche en toile très forte dans laquelle glissent les betteraves.

A l'étage supérieur, sous les combles, deux grandes portes sont établies pour l'entrée et la sortie des charrettes. Le toit est en chaume ou en terre gazonnée, pour empêcher le froid de pénétrer.

Il est aujourd'hui reconnu que de tous les modes de conservation ce dernier est le meilleur et qu'il est le plus propre de tous à garantir les betteraves des accidents auxquels elles sont sujettes.

Le procédé employé dans quelques parties de l'Allemagne, et qui consiste dans la dessiccation des betteraves, fait disparaître tous les inconvénients inhérents à l'emploi des silos et des caves. Ce procédé est encore peu répandu en France, malgré ses avantages ; nous en reparlerons plus loin.

M. Pelouze s'est occupé d'un procédé propre à reconnaître la richesse saccharine de la betterave. Il propose de faire fermenter le jus et de distiller le liquide spiritueux qu'il en obtient ; puis il juge de la richesse en sucre par la quantité d'alcool produit. Comme point de départ il a d'abord constaté que 35 grammes de sucre pur, dissous dans 450 grammes d'eau contenant un peu de levure de bière, donnaient à la distillation un liquide représentant 22,5 cent. d'alcool pur. Il prit alors 500 grammes de betteraves réduites en pâte très fine qu'il soumit à des compressions et des lavages réitérés afin d'en retirer toute la matière saccharine ; puis il ajouta un peu de levure de bière, laissa fermenter le tout pendant 15 jours, et apres avoir, au bout de ce terme, distillé le liquide, il en résulta une liqueur dont il fut facile d'apprecier la pesanteur à l'alcoometre Gay-Lussac. Le reste de l'opération n'est plus qu'une simple comparaison entre la quantité d'alcool obtenue tant avec le sucre pur qu'avec les 500 grammes de betteraves. Malheureusement cette expérience est lente et impraticable dans la plupart des ateliers. Nous reviendrons sur l'essai des sucres à la fin de cet article.

Suivant M. Payen et d'après ses analyses, la betterave contiendrait les substances suivantes :

1° Eau ;
2° Sucre cristallisable ;
3° Sucre incristallisable ;
4° Albumine ;
5° Acide pectique ;
6° Ligneux ;
7° Substance azotée, soluble dans l'alcool ;
8° Matière colorante rouge ;
9° Matière colorante jaune ;
10° Matière colorante brune ;
11° Substance aromatique ;
12° Matière grasse ;
13° Malate de potasse, d'ammoniaque, de fer et de chaux ;
14° Hydro-chlorate de potasse ;
15° Nitrate de potasse, d'ammoniaque ;
16° Oxalate de chaux ;
17° Phosphate de chaux ;
18° Substance alcaline ;
19° Soufre, des traces.

Le résultat de l'analyse chimique des betteraves varie suivant les localités et les époques de leur croissance. M. Péligot a prouvé ce fait par un mémoire très curieux que cet habile chimiste a communiqué à l'Académie des Sciences. Ses expériences réitérées ont varié dans les proportions suivantes :

Eau.	de	83	à 94.
Sucre.	de	5	à 11.
Albumine.	de	0,8	à 1,8.
Ligneux.	de	0,1	à 3,2.

Outre ces résultats, M. Péligot a acquis la certitude que parmi des betteraves de la même localité, venues dans les mêmes circonstances de sol, de climat et de soins, les plus grosses étaient les moins riches en sucre et celles qui contenaient le plus de parties aqueuses.

Examinons maintenant les divers procédés qui ont été employés pour l'extraction du sucre de betteraves. Le premier qui se présente à notre analyse est celui d'Achard, qui depuis a été singulièrement modifié.

Voici quel était le procédé d'Achard pour l'extraction du sucre de betteraves. « Il est résulté, dit-il, du travail sur la fabrication du sucre de betteraves que j'ai exécuté sous les yeux d'une commission nommée par le roi, que la meilleure méthode consiste à faire bouillir dans de l'eau jusqu'à ce qu'elle soit assez ramollie pour qu'on puisse y faire entrer une paille, la betterave avec sa peau, telle qu'on la tire de la terre, sans autre préparation que d'en ôter bien soigneusement les feuilles avec le cœur ; quelques bouillons suffisent pour opérer ce ramollissement. La betterave retirée et refroidie, est réduite en tranches très minces que l'on soumet ensuite à une forte presse pour en tirer autant de suc que possible. Le marc qui reste dans le pressoir contient encore une portion assez considérable de sucre, qu'il est avantageux d'en extraire. A cet effet, on le délaie dans une suffisante quantité d'eau, et après 12 heures de macération, on extrait la liqueur par une nouvelle expression ; après cette nouvelle opération, la matière sucrée est assez riche pour donner, avec bénéfice, par la fermentation, de l'alcool ou du vinaigre.

« Les liqueurs des deux expressions sont réunies, filtrées et reduites aux deux tiers par une ébullition non interrompue ; alors, on les passe de nouveau à travers

Digitized by Google

une étoffe de laine, et l'on fait bouillir la liqueur ainsi filtrée, dans une chaudière plus petite, jusqu'à la réduction de la moitié. Enfin on passe la liqueur une troisième fois, et on lui donne la consistance d'un sirop clair; il est bon de faire observer qu'en concentrant trop le sirop, on court risque de tout gâter.

« Ce sirop versé dans des terrines évasées, et qui présentent à l'air une large surface, est entretenu dans une étuve à une chaleur de 20 à 30 et même 40° Réaumur pour le faire cristalliser. Pendant cette espèce d'épaississement insensible du sirop, on brise de temps en temps la croûte cristalline qui se forme à la surface, ce qui, en aidant à l'évaporation, favorise beaucoup la cristallisation. Dès qu'on observe qu'au lieu de la croûte cristalline il se forme à la surface du sirop une pellicule épaisse et gommeuse qui n'est plus grenue, c'est une marque que la matière ne cristallise plus, mais se dessèche; on doit arrêter l'évaporation; ce qui reste forme un mélange plus ou moins épais, d'une substance cristalline et d'une matière fluide et visqueuse. Pour en séparer le sucre cristallisé, on met le tout dans un sac de toile serrée et mouillée, et on le soumet à une pression qu'on augmente graduellement; le sucre reste dans le sac et la partie extractive passe par la toile.

« Ce sucre, après la dessiccation, est une moscouade jaune composée de cristaux réguliers qui, par la pulvérisation, forment une poudre blanche dont le goût est très bon; par le raffinage on forme avec cette moscouade toutes les qualités de sucre que l'on veut. »

On conçoit facilement combien ce mode d'extraction est imparfait et quelle déperdition on éprouve dans un semblable traitement; aussi ce procédé a-t-il été singulièrement modifié. Voici comment on a longtemps opéré. Lorsque le jus est en état d'être *défèqué*, on y mêle de l'acide sulfurique étendu d'eau dans la proportion de 3 parties d'eau pour 1 p. d'acide. Après avoir agité, on ajoute de la chaux vive préalablement éteinte, on agite de nouveau et l'on allume le feu. On pousse la chaleur à 70°; on met ensuite dans la chaudière le charbon animal et le sang de bœuf; le mélange bien fait, on laisse reposer et on décante la liqueur. On emploie l'acide sulfurique dans la proportion de 1 gramme 1/2 par litre de jus; quant à la chaux, 4 kil. environ suffisent pour 1800 litres de jus.

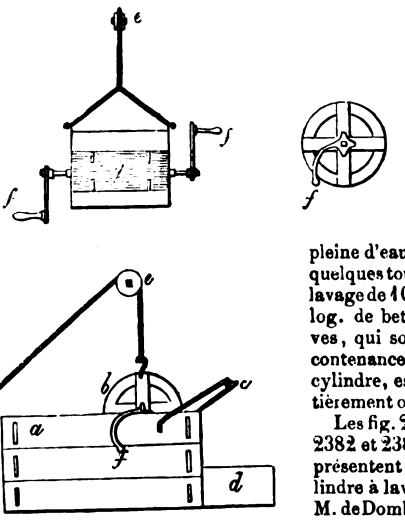
Mais revenons au traitement de la betterave, d'après le mode appliqué aujourd'hui et généralement reconnu comme le meilleur.

Après que la betterave est récoltée comme nous l'avons dit, il s'agit de la râper et d'en extraire le jus. Pour cela on lui fait subir plusieurs opérations, que nous allons décrire. Ce sont le *nettoyage*, le *lavage*, le *râpage* et l'*extraction* du jus.

Le *nettoyage* a pour but d'enlever les pierres et la terre qui se sont attachées à la racine de la betterave, les restes de collets et les radicules chevelus que le décolletage a laissés. Cette opération est réservée aux femmes : deux ouvrières peuvent préparer 4000 à 4500 racines par jour. Si la betterave est grosse, l'ouvrière a soin de la fendre en deux ou plusieurs morceaux, afin de faciliter le travail de la râpe. Le déchet subi par cette opération est de 7 p. 100 environ.

Le *lavage* est une opération supplémentaire qui ne devient utile que lorsque le nettoyage n'a pas été fait avec soin. Dans les fabriques où l'on ne peut pas disposer facilement d'une certaine quantité d'eau, on évite le lavage en apportant plus de soin au nettoyage. Cette opération se pratique à l'aide d'une machine composée d'un tambour cylindrique, formé de deux montants circulaires, sur lesquels on place des lattes de bois, espacées de 0m,04. Une manivelle est adaptée à l'une des extrémités du cylindre qui repose sur deux coussinets, de manière à ce qu'il puisse plonger dans une cuve pleine d'eau. En quelques tours le lavage de 100 kilog. de betteraves, qui sont la contenance du cylindre, est entièrement opéré.

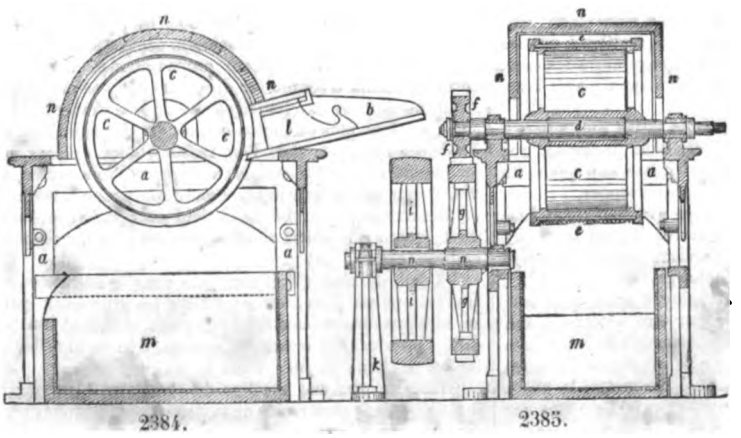
2381. 2382.



2383.

Les fig. 2381, 2382 et 2383 représentent le cylindre à laver de M. de Dombasle.

Le cylindre *b* (*fig.* 2383) repose sur deux coussinets fixés à une cuve en bois *a* de forme oblongue et dans laquelle il plonge à moitié. La cuve est garnie à chaque extrémité de deux barres de fer, qui forment un coussinet *c*, qui sert à enlever le cylindre et à le vider dans une caisse en bois *d*, destinée à recevoir les betteraves après l'opération. Une poulie *e*, sur laquelle s'enroule une corde qui vient s'accrocher aux deux extrémités du cylindre, sert à l'enlever et à en faciliter la manœuvre. Le cylindre est formé de lattes attachées sur deux circonférences en bois; une porte à claire-voie *g*, fixée par des



2384. 2385.

Digitized by Google

charnières, s'ouvre dans toute sa longueur pour y introduire les racines et pour le vider. A chacune de ses extrémités est fixée une manivelle *f*, qui sert à lui imprimer un mouvement de rotation. Chaque charge du cylindre est de 100 kil. Lorsque l'on veut vider ou remplir le cylindre, un ouvrier l'enlève à l'aide de la corde, tandis que deux autres le portent sur les coussinets *c* en le prenant par les manivelles *f*.

Le *râpage* a pour but de diviser les racines en parties aussi menues que possible, car il est reconnu que plus ces particules sont divisées, plus le rendement est grand. Pour arriver à cet effet, on se sert d'une machine composée (fig. 2384 et 2385) d'un cylindre garni d'un grand nombre de lames de scie fixées parallèlement à son axe et recouvert d'un tambour dans toute sa longueur et sur un tiers de sa circonférence. Ce cylindre repose sur un châssis en bois, sous lequel est un baquet destiné à recevoir la pulpe obtenue; à la hauteur de l'axe on ménage au tambour une ouverture garnie d'une tablette qui sert à présenter les racines à la râpe. A ce cylindre est communiqué, par un moteur quelconque, un mouvement rapide de 600 à 800 révolutions par minute.

Il a été fait à la Société d'encouragement un rapport sur une râpe de M. Burette qui réunit les deux avantages de la modicité du prix et de la simplicité. Cette râpe se compose d'un bâti en chêne oblong, qui soutient un cylindre en bois plein, dont le diamètre est de 49 centimètres et la largeur de 217 millimètres; sa circonférence est garnie de 80 lames de scie qui ont chacune 189 millimètres de longueur. Sur l'axe de ce cylindre est un pignon de 16 dents qui engrènent dans une roue de 120. A chaque extrémité de l'axe de cette roue s'applique une manivelle. Des bascules adaptées à l'axe du pignon communiquent un mouvement de va-et-vient à un valet de bois placé en avant de la circonférence du cylindre, de manière à fermer et à ouvrir alternativement le passage des racines. Cette machine est enveloppée d'un tambour qui empêche les éclats de la matière à râper de s'échapper. Sous le cylindre est une caisse en bois qui guide la pulpe dans un récipient. Les lames de scie sont dentelées et du plus ou moins de distance des dents dépend la finesse des produits.

L'*expression du jus* suit immédiatement le râpage. Pour exécuter cette opération on se servait dans l'origine des pressoirs qui servent pour le raisin, très insuffisants pour opérer sur la pulpe de betteraves. Aussi s'est-on appliqué à produire une pression plus considérable. Quelques fabricants se sont servis de la presse à cylindre inventée par M. Lauvergnat, qui consiste en deux cylindres superposés et placés dans un plan incliné; l'un inférieur est en fonte, l'autre en bois. Ils sont disposés de manière à pouvoir être serrés l'un contre l'autre par une vis de pression, grâce à la construction de leurs coussinets de cuivre. Le mouvement leur est communiqué en sens contraire. La matière à presser est disposée sur une toile, qui s'engage entre les deux cylindres, et est tendue par des rouleaux placés à cet effet.

Au sortir du râpage le jus et la pulpe sont sujets à une très prompte altération : il est donc important que la presse agisse avec une grande vitesse afin que cette altération n'ait pas le temps de se développer.

La pression doit être appliquée graduellement jusqu'à son maximum. Une fois arrivé là, on laisse un quart d'heure de repos et on desserre ensuite la presse afin d'y remettre une nouvelle charge.

La presse hydraulique est employée aussi avec succès pour l'expression du jus. Pour être soumise à son action, la pulpe doit être préalablement enfermée dans des sacs de toile dont la dimension est réglée d'avance par celle du plateau de la presse. Pour mettre la pulpe dans les sacs, il est nécessaire de se servir de claies sur lesquelles on les pose; lorsque la pression est opérée, les sacs et les claies sont lavés avec soin afin d'en extraire les parties qui y auraient adhéré.

On obtient généralement 70 p. de jus pour 100 p. de pulpe. Avec une presse qui peut recevoir 391 kilog. de pulpe à la fois on peut faire jusqu'à 10 pressions en 12 heures.

Le fabricant doit surtout s'appliquer à extraire le plus possible de suc de la pulpe de betteraves. Quel que soit le mode d'extraction, plus l'on aura apporté de soin au râpage, afin d'en obtenir une pulpe très fine, plus l'on a soigné la pression en opérant sur de petites masses, plus l'on obtient de jus. Au sortir de la presse le jus obtenu est laiteux, d'une couleur blanche un peu jaunâtre ou un peu rosée, suivant la nature des betteraves, il se décompose facilement; sa couleur tire au violet et passe au brun sale : à cet état son aspect est huileux; enfin il passe à l'état de masse glaireuse. La chaux et l'acide sulfurique, employés par petites quantités, arrêtent sa décomposition.

On a aussi essayé d'extraire le jus de la betterave râpée, ou simplement coupée en tranches, par l'action de l'eau froide ou bouillante, agissant sans ou avec pression. L'appareil le plus remarquable employé pour cette opération est le lévigateur Pelletan, qui consiste en une vis d'Archimède criblée de trous, qui plonge en partie dans un vase rectangulaire. Cette vis est inclinée et reçoit la pulpe à sa partie inférieure, d'où elle s'élève jusqu'à sa partie supérieure, par laquelle elle sort de l'appareil; un filet d'eau arrivant à la partie supérieure, descend par son poids en marchant en sens inverse de la pulpe; on a ainsi un appareil de déplacement qui fonctionne d'une manière continue. Des couteaux en nombre égal à celui des spires, facilitent l'ascension de la pulpe en la ramassant pendant que la vis tourne; ces couteaux, fixés sur une même tige et coulant sur le filet de cette vis, s'élèvent et seraient bientôt portés à son extrémité supérieure et au-delà, s'ils ne trouvaient à chaque révolution de l'hélice une échancrure qui leur permet de redescendre.

La *défécation* est une des opérations les plus importantes de la fabrication du sucre. En effet, elle a pour but de séparer le jus de toutes les matières solubles ou insolubles qu'il tient en suspension ou en dissolution, et qui, par leur nature, nuiraient tant à la qualité du sucre qu'à sa parfaite cristallisation. On emploie pour la défécation des chaudières de la capacité de 7 à 10 hectolitres. Il est préférable d'employer des chaudières à vapeur pour cette opération, ainsi que pour les suivantes. Ces chaudières sont cylindriques, en cuivre, munies de deux robinets, l'un au fond, l'autre un peu au-dessus. La capacité des chaudières se règle sur le travail de la râpe et sur la quantité qu'elle peut fournir. La chaudière est préalablement remplie de jus. Lorsque le jus a atteint 60°, on y jette un lait de chaux. Ce lait de chaux opère la séparation des matières insolubles qui montent immédiatement à la surface, en forme d'écume, et en partie se précipitent en dépôt au fond de la chaudière. Le liquide devient limpide, quoique plus ou moins coloré. On décante alors à l'aide des robinets; puis l'on rassemble les écumes et les dépôts, et on les soumet à l'action d'une presse à vis, d'une presse hydraulique ou d'une presse à levier. Le liquide clair que l'on en obtient est réuni au précédent; quant à la partie solide, elle n'est plus bonne que comme engrais.

Le lait de chaux doit être jeté dans la chaudière à travers une passoire, afin de retenir les grumeaux qui se seraient formés dans son délayage. Aussitôt introduit, l'ouvrier doit remuer le liquide, afin de bien mélanger la chaux au jus.

Grâce au nouveau système de chaudière à vapeur, il est beaucoup plus facile de maîtriser l'ébullition; les écumes se réunissent, forment une masse plus com-

Digitized by Google

pacte, et l'écumage devient inutile; on les réunit plus facilement avec les dépôts, sans aucun transvasement; elles peuvent être mises dans les sacs destinés à les contenir pour la pression à laquelle elles doivent être soumises.

Cette pression, avons-nous dit, peut s'opérer par trois systèmes différents de presses. La presse à levier peut suffire pour commencer le travail, mais elle laisserait beaucoup à désirer; en ce que sa pression n'est pas assez puissante pour exprimer tout le jus que contiennent les écumes, il est presque indispensable de les faire passer à une seconde pression plus puissante, telle que celle d'une presse hydraulique. D'après des expériences exécutées par M. Ch. Derosne, 23 kilog. 75 gram. d'écumes, provenant de 1.100 litres de jus, ont rendu à la première pression 10 kilog. de jus; puis réduites par cette opération à 13k,75; leur rendement par la seconde pression fut de 4 kilog. de jus; c'est donc un déchet de 9k,75 ou de 0,9 p. 100. D'après M. Payen, une bonne défécation se reconnaît aux caractères suivants: d'abord une émanation d'ammoniaque très sensible; puis une séparation tranchée du liquide en flocons, nageant dans un suc clair et facile à observer dans une cuiller d'argent; une écume boueuse, verdâtre, de plus en plus épaisse à la superficie et acquérant une consistance de caillé, ou fromage frais égoutté; des crevasses se manifestant dans l'épaisseur de l'écume; une première irruption du jus clair dans une de ces crevasses et annonçant l'approche de l'ébullition. Si la chaux était en excès, ces caractères se produiraient, mais le liquide conserverait un goût âcre; enfin si la chaux était en grand excès, les écumes seraient molles et émulsives.

L'action de la chaux dans la défécation est très compliquée, le rôle qu'elle y joue est très important; il est donc indispensable d'y porter beaucoup d'attention. Quelques fabricants, pour reconnaître si le sirop défèqué contient encore de la chaux libre, insufflent avec l'haleine sur une petite quantité de suc. Comme l'haleine est chargée d'acide carbonique, il se forme une petite pellicule de carbonate de chaux à la surface du jus. La quantité de chaux nécessaire à une bonne défécation varie selon la qualité du jus à traiter; cependant elle est d'environ cinq grammes par litre. La limpidité et le peu de coloration du jus, ainsi que la solidité des écumes, indiquent si la chaux a été bien employée.

La défécation par l'acide sulfurique présente de graves difficultés; cet acide altère le sucre; il faut l'employer par petites doses étendues d'eau, et il faut employer la chaux pour le saturer aussitôt que son effet est produit: il doit être mêlé au jus dans les mêmes conditions de température que la chaux.

Le jus est sujet à une prompte altération; sa partie cristallisable se transforme avec une grande facilité en sucre incristallisable; il prend une teinte jaunâtre et une odeur particulière semblable à celle de la tisane de réglisse; dans ce cas, l'acide sulfurique peut être employé avec avantage pour sa défécation. Mais si l'on n'employait pas la chaux immédiatement après qu'il a produit son effet, il changerait le sucre en sucre incristallisable.

L'alun ordinaire est aussi un agent de défécation, mais il nécessite encore l'emploi de la chaux. Par son emploi on risque de laisser du sulfate de potasse avec le sucre, et quoique les inconvénients qui en résulteraient ne soient pas graves, il est encore préférable de ne point l'employer pour déféquer.

De la défécation dépend la qualité du sucre; plus on a apporté de soins à cette opération, moins on a de peine à purifier le sucre, moins la mélasse est abondante; c'est donc le point sur lequel les fabricants doivent porter leurs vues et leurs soins.

Après la défécation le jus pèse 2° de moins à l'aréomètre. Cette perte de densité est en raison des corps plus ou moins précipitables par la chaux qu'il contient. Ainsi le jus qui au sortir des presses marquait 8° à l'aréomètre ne marque plus que 6° après la défécation, étant au même degré de température qu'au sortir des presses. On le soumet dans plusieurs usines à l'action de l'acide sulfurique qui neutralise la chaux qu'il contient en dissolution.

Le jus défèqué subit successivement et alternativement plusieurs fois la concentration et la filtration; l'ordre et le nombre de ces opérations dépendent en grande partie des différents modes employés par les fabricants. La méthode la plus suivie consiste à filtrer après la défécation; puis à concentrer jusqu'à 27°; à filtrer de nouveau et à cuire.

Le jus bien défèqué conserve toujours quelques particules solides en suspension; c'est afin de l'en dégager qu'on le filtre, et cette filtration est indispensable. Une fois filtré le jus est reçu dans des chaudières diverses et soumis à une évaporation rapide; plus cette opération est rapide, moins le jus s'altère. Pendant la concentration il se forme au fond de la chaudière un dépôt de composés de diverses natures, ce dépôt forme croûte et entrave quelquefois le travail; plusieurs fabricants jettent dans la chaudière un peu de noir fin qui en empêche l'encrassement, et c'est alors que la seconde filtration devient nécessaire pour séparer le jus clair du dépôt. Après cette opération le sirop est concentré de nouveau jusqu'à 27°. Dans toutes les manœuvres que nécessitent ces opérations diverses, il faut de préférence employer les appareils appelés *monte-jus*, aux pompes qui offrent mille inconvénients.

Pour faciliter l'évaporation et lui donner la rapidité nécessaire, un grand nombre d'appareils très différents sont en usage. Aujourd'hui l'emploi des chaudières à vapeur est généralement répandu. Ces chaudières sont soit à double fond, soit à serpentin. Les chaudières à grilles sont fort incommodes en ce qu'elles nécessitent de fréquentes réparations qui entravent le travail. M. Dubrunfault les a simplifiées notablement; il emploie un simple tube continu en forme de serpentin qui reçoit la vapeur par une de ses extrémités, munie d'un robinet, l'eau provenant de la condensation de la vapeur sort par l'extrémité opposée, garnie aussi d'un robinet. Le fond de la chaudière est incliné vers le centre où se trouve un robinet qui permet de vider la chaudière rapidement. Le sirop en sortant est conduit par un tuyau dans des réservoirs.

Il existe encore un autre mode de chaudière, c'est une espèce de plan incliné cannelé en gradins et qui reçoit le sirop par sa partie supérieure. On en a imaginé un autre dans le même genre: le fond de l'appareil est garni de lames transversales avec des ouvertures alternées tantôt à gauche, tantôt à droite, de manière que le sirop est obligé de parcourir un très long espace. M. Péan a fait des chaudières dans ce genre qui ont bien réussi. Ces appareils offrent l'avantage d'un travail continu, ils sont chauffés par la vapeur. Cependant ces chaudières ont besoin d'être encore étudiées; ainsi il arrive quelquefois que les évaporations sont totalement entravées.

On a essayé aussi de faciliter l'évaporation du jus par l'insufflation de l'air chaud ou froid, mais l'appareil employé, dû à M. Brame-Chevalier, est d'un prix élevé que ne compensent pas les avantages que l'on en pourrait tirer.

On concentre aussi les sirops dans des appareils où l'on fait le vide; nous en parlerons à propos de la *cuite*, pour laquelle cette méthode est principalement employée.

On a enfin fait usage d'un concentrateur dont deux cylindres concentriques peuvent donner une idée; la vapeur est disposée de manière à circuler dans l'inter-

Digitized by Google

valle. Ces cylindres sont montés sur un axe incliné et ils reçoivent sur cet axe un mouvement de rotation. Le suc s'introduit par la partie supérieure du cylindre intérieur; la température élevée qu'il éprouve le concentre, et à l'effet de cette température vient se joindre l'action du courant d'air intérieur qui s'établit de bas en haut dans l'appareil.

Les vapeurs produites par la concentration doivent être dirigées hors de la fabrique par une cheminée en planches, sans cela elles pourraient gêner le travail de l'atelier.

Il y a deux espèces de filtration : l'une qui a pour but de séparer le sirop des matières insolubles qu'il contient; l'autre qui agit sur lui comme décolorante.

Les premières se font à l'aide d'une étoffe de coton; il arrive que les sirops, par l'effet de la chaux qu'ils contiennent, encroûtent les filtres et les rendent impropres à aucune espece de lavage. Pour leur restituer leur propriété filtrante, on a imaginé de laver ces sortes de filtres avec de l'acide hydrochlorique très faible. L'acide dissout les sels de chaux; il ne reste plus qu'à rincer parfaitement le filtre pour lui enlever jusqu'à la dernière trace de l'acide.

La disposition des filtres de M. Taylor est très avantageuse. Il leur a donné la forme d'un sac dont l'ouverture est plissée sur une douille conique. Lorsque le sac est plissé on descend l'anneau de la douille et on y fait entrer l'extrémité du suc qui se trouve ainsi arrêté sur la douille. A la partie supérieure de celle-ci se trouve un pas de vis qui permet de la fixer à la partie inférieure d'une caisse doublée en métal intérieurement.

Lorsque l'on verse le jus dans la caisse, il s'écoule dans les sacs, les traverse, et est recueilli dans le fond de la caisse inférieure où est placé l'appareil et où l'on a ménagé un robinet pour son écoulement.

Dans cette methode de filtration il arrive qu'il se forme un dépôt sur les parois des filtres, de manière que l'opération devient de plus en plus difficile. Aussi a-t-on imaginé des filtres qui fonctionnent de bas en haut à l'aide de la pression d'une colonne de liquide à filtrer; mais cette méthode n'est point en usage.

Lorsque l'on veut que l'opération se fasse rapidement il est bon de laisser reposer le sirop de manière à ce qu'il se soit éclairci complétement; on filtre d'abord le liquide decanté et ensuite on fait passer à l'appareil les dépôts.

M. Dumont s'est servi d'un filtre ayant la forme d'une pyramide quadrangulaire tronquée et renversée; dans la partie inférieure de ce filtre il place un double fond percé de trous recouvert d'une toile humide sur laquelle il met couche par couche du charbon animal humecté préalablement et tassé à l'aide d'une espèce de truelle. Il le remplit ainsi de charbon jusqu'à 2 décimetres environ de sa partie supérieure et il recouvre le tout d'une toile métallique sur laquelle on fait arriver les sirops qui le traversent et s'échappent par un robinet ménagé au fond de l'appareil. On ménage dans la hauteur du filtre un petit tube pour laisser échapper l'air. La toile métallique s'engorge quelquefois des particules que contient le jus, il est alors facile de la remplacer. Ce filtre doit avoir la capacité d'un mètre cube environ; il doit être établi dans un endroit tranquille et loin de toute espece de mouvement qui tendrait à l'ébranler. L'avantage de ce système est de réunir deux opérations en une, la filtration et l'action du charbon.

Les réservoirs destinés à alimenter cet appareil doivent être munis de deux robinets, un pour empêcher de fonctionner à volonté et un autre disposé de manière à maintenir un niveau constant dans le filtre. La clef de ce dernier est fixée à une tige qui porte une sphere de métal creuse de manière à ce qu'elle ne s'enfonce qu'en partie dans le liquide. Lorsque celui-ci baisse, la sphere le suit, agit sur la clef et ouvre le robinet; quand, par suite de l'écoulement, la sphère remonte, elle agit sur l'extrémité de la tige et diminue l'orifice d'arrivée.

L'action du charbon animal est décolorante, mais elle a aussi pour but de séparer une foule de matières étrangères au sucre, et que l'on désigne par le nom de *mucilage*.

Il existe un nouveau filtre, appelé *filtre à charge permanente et à fonctions continues;* il est dû à M. Peyron, et a beaucoup d'analogie avec celui de M. Dumont; leur différence consiste en un couvercle qui les recouvre hermétiquement et permet d'y introduire par des tubes bien ajustés le sirop, qui donne ainsi une pression assez considérable et aide beaucoup la filtration. En outre, le fond de cet appareil communique avec la partie supérieure d'un autre filtre sur lequel se rend le liquide pour subir une nouvelle filtration. La forme de ces filtres est cylindrique, ils ont 1 mètre de diamètre et 2m,50 de haut.

Lorsque l'on veut faire fonctionner cet appareil, voici comme on procède : les filtres sont préalablement chargés de noir fortement tassé et mis par couches; on le lave à l'eau froide par une colonne d'eau qui vient d'un réservoir situé à 11 mètres au-dessus du filtre, et qui par conséquent, possède une pression considerable. Ce lavage a pour but d'enlever les particules fines de noir animal qui pourraient troubler la premiere filtration du sirop. Après le lavage on fait arriver le sirop sur les filtres d'un réservoir placé à 1 mètre au-dessus du cylindre; on reçoit d'abord l'eau dont le charbon est imprégné, on la jette et on laisse l'opération se faire. Lorsque le sirop est suffisamment filtré on le fait couler dans la citerne avec les sirops réunis pour la cuite.

Après la filtration le charbon est lavé afin de lui ôter les parties de sirop dont il est imbibé; ce lavage se fait à l'eau bouillante et se continue jusqu'à ce que l'eau sorte comme elle y est entrée. Le charbon alors ne tarde pas à entrer en fermentation, et cet état dure 24 heures; après cette fermentation qui détruit toutes les matières organiques enlevées au jus, on lave de nouveau le charbon, afin de le purifier et de lui rendre sa propriété décolorante. Pour cela on introduit dans les filtres un jet de vapeur à deux atmospheres pendant une demi-heure, et on lave avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle sorte claire et limpide.

Cet appareil peut fonctionner pendant un laps de temps considérable sans que le charbon perde ses propriétés décolorantes; et suivant des expériences récentes ces propriétés peuvent se conserver jusqu'apres onze mois d'opérations consécutives.

La *clarification* s'opère avec du sang, ou du lait et du charbon réduit en poudre fine : pour bien clarifier le sirop on commence par delayer à froid 1/2 litre de sang par hectolitre de sirop, on mélange bien et l'on ajoute de 1 à 2 kilogr. de charbon fin, par hectolitre de sirop, puis l'on agite encore et l'on chauffe jusqu'à ce que la température ait atteint 55 à 60° centigr.; on cesse alors d'agiter, le charbon se précipite, mais l'albumine du sang ne tarde pas à se coaguler et à envelopper le charbon qu'elle entraîne à la surface de la chaudiere et qui ne laisse plus aucun dépôt au fond. On fait alors monter quelques bouillons jusqu'à ce que les écumes se fendillent; et si la liqueur est neutre on obtient ainsi une parfaite clarification. Si le sirop est acide, l'albumine reste en dissolution et la clarification ne peut s'opérer complétement. Si, au contraire il est alcalin, la même chose arrive, l'albumine reste dissoute pour reparaître à la cuite en écume très abondante.

Si l'on emploie le lait, il faut joindre de la chaux au mélange ou un peu d'acide sulfurique étendu au 10e pour que la clarification puisse s'opérer.

Pour s'assurer de l'état du sirop, on peut faire usage du papier de tournesol, et si le sirop est acide, il faut y ajouter un lait de chaux pour le neutraliser.

Digitized by Google

Quand la clarification est parfaite, on filtre dans un appareil Taylor; on obtient alors un sirop limpide et clair. Du reste, dans beaucoup de fabriques on se contente de passer plusieurs fois au filtre Dumont et on a abandonné la clarification.

Quant aux appareils qui servent à la clarification, ce sont les mêmes chaudieres à vapeur qui servent à la défécation. Dans quelques fabriques on a ajouté au fond des chaudières qui ont la forme d'une calotte renversée, une espèce de serpentin percé de petits trous par lesquels la vapeur est projetée dans le sirop. Quoiqu'il en résulte un bouillonnement favorable à l'action du noir animal, ce système a le grand inconvénient d'introduire de l'eau dans les jus et cet inconvenient compense les avantages que l'on pourrait tirer de cette méthode.

Après la filtration on procède à la *cuite* ou *dernière évaporation*. Cette importante opération a donné naissance à une foule de méthodes et de brevets; aussi nous bornerons-nous à indiquer ceux qui sont le plus en usage.

Après la clarification, le sirop marque 30° à l'aréomètre; mais cette densité étant insuffisante, on le concentre en le soumettant à une nouvelle concentration qu'on appelle *cuite*.

La *clairce*, c'est le nom que porte le sirop au sortir des filtres et des chaudières de clarification, est dirigée dans la chaudière de cuite, où elle entre promptement en ébullition. Cependant elle jette encore des écumes que l'on dégage entièrement avec du blanc d'œuf délayé, et que l'on enlève ensuite avec le plus grand soin ainsi que toutes les impuretés qui se présentent à la surface du liquide. Le feu est ensuite poussé, puis ménagé de manière à ne pas brûler le sirop; à cet effet on arrête l'ébullition lorsque le sirop monte, soit par l'addition d'un corps gras, soit en remuant avec l'écumoire. L'affaissement de l'ébullition est en raison de la qualité du sirop. Lorsque la cuite s'opère bien, on observe que le sirop monte peu, le bouillon est clair, les yeux se succedent avec rapidité et crèvent très facilement. On a soin alors de pousser la concentration jusqu'à ce que la preuve soit devenue suffisante.

Lorsque la température est arrivée à 90° du thermomètre, l'ouvrier prend alors la preuve. Il y a plusieurs moyens de faire la preuve, que l'on désigne par les noms de preuve *au soufflé*, *au filet*, *à l'eau* ou *au boulé*, *au thermometre*, *au moyen de la densité*, et *à la dent*.

Pour exécuter la preuve au *soufflé*, l'ouvrier plonge son écumoire dans le sirop, l'en retire et la laisse égoutter; puis il la présente devant sa bouche et souffle fortement dessus : il se produit alors une infinité de petites bulles blanches; selon que ces bulles sont plus ou moins nombreuses et qu'elles durent plus ou moins longtemps, l'ouvrier apprécie le degré de la cuite.

La preuve au *filet* se pratique en prenant une goutte de sirop sur le pouce à l'aide de l'écumoire; puis on rapproche l'index jusqu'à ce qu'il soit en contact avec le pouce; quand le sirop est à la température de la main, on sépare brusquement les deux doigts; il se forme alors un filet. Si ce filet s'allonge bien, se brise vers le pouce en formant un crochet et cherche à remonter vers l'index en goutte, la cuite est bonne. Si le filet se rompt vers l'index, s'il est faible, la cuite est dite *faible;* s'il s'allonge beaucoup, casse près du pouce et ne remonte que lentement vers l'index, la cuite est *forte*.

La preuve à l'*eau* ou au *boulé* consiste à mettre dans un vase plein d'eau froide environ 15 grammes de sirop; si, lorsque l'on retire, il se laisse rouler en *boule*, sans se dissoudre et sans filer entre les doigts, il est suffisamment cuit.

Le thermomètre ne suffit pas seul pour donner une preuve, mais il peut servir de guide à toute l'opération d'après les observations faites sur une cuite précédente.

La preuve *à la dent* exige une grande habitude; elle consiste à prendre une goutte de sirop entre les dents; s'il offre de la résistance, la cuite est sur le point d'être opérée.

Quant à la preuve *au moyen de la densité*, elle se fait à l'aide de l'aréomètre, mais l'épaisseur du sirop est telle que l'on ne peut guère s'y fier, et généralement elle est regardée comme insuffisante.

Reste donc comme moyen de savoir si la cuite est bonne la preuve au souffle et au filet; c'est à ces deux méthodes que l'on doit s'en tenir. Un peu d'habitude suffit pour se rendre compte de l'opération.

Si le sirop est acide, la cuite se fait bien, mais vers la fin il se colore et prend une légère odeur de raisiné. Le sucre qui en provient est généralement peu nerveux et fortement coloré. Les sirops alcalins cuisent lentement, difficilement, et souvent pas du tout. En les traitant dans une chaudière à vapeur, et en fermant le retour d'eau, on parvient encore à exécuter la cuite si l'on n'en est pas encore loin; mais si la cuite est éloignée et que le sirop contienne beaucoup de chaux, il faut employer l'acide sulfurique, sans cependant neutraliser entièrement la chaux; il ne faut employer l'acide que étendu dans 9 ou 10 fois son volume d'eau et n'en mettre que juste ce qu'il faut pour obtenir la cuite.

Les chaudieres à vapeur sont généralement à serpentin, à grille ou en volute; elles sont à peu près les mêmes que celles employées à la concentration. Restent les appareils de Roth, d'Howard, de Degrand, qui sont fermés et dans lesquels on fait le vide, soit à l'aide d'une pompe, soit par le moyen de la vapeur condensée. Le dernier surtout est un des plus usités; d'ailleurs il offre ces avantages qu'il consomme moins de combustible et qu'on n'a besoin d'y faire le vide qu'au commencement de l'opération.

Cet appareil consiste en une chaudière évaporatoire et un réfrigérant; la chaudière, de forme sphérique, est entièrement close; elle est chauffée à l'intérieur par un serpentin. On y fait le vide en y introduisant de la vapeur qui va sortir par un robinet qui est ménagé à l'extrémité du serpentin. Le sirop monte dans la chaudière par la pression de l'air. Lorsque la cuite est opérée, on le fait écouler, par la partie inférieure de la chaudière, dans un espace ménagé à cet effet et où l'on a fait le vide, afin que l'air ne rentre pas dans la chaudiere. Des ouvertures fermées par des glaces permettent de voir dans l'appareil, et un tube de verre, communiquant avec l'intérieur, sert à indiquer le niveau du sirop. Un autre robinet est disposé de manière à faciliter l'introduction d'un corps gras dans la chaudière, afin d'arrêter l'ébullition quand il y a lieu. Ce robinet est à demi perforé; on met dans sa cavité le corps gras que l'on veut introduire, on tourne et le corps gras tombe dans le liquide, sans permettre à l'air extérieur de s'y introduire. Un autre robinet du même genre est placé à la partie inférieure de la chaudière et sert à extraire un peu de sirop pour faire la preuve.

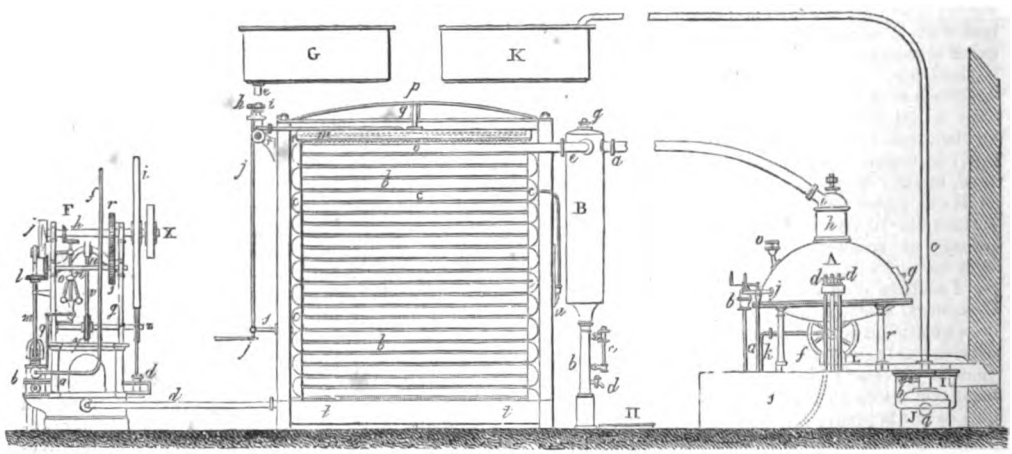
Quant à la condensation de la vapeur, elle s'opère soit à l'aide de l'eau qui est amenée sur les spires du serpentin, soit par un courant d'air que l'on ménage autour du serpentin qui est enveloppé et surmonté d'une cheminée. Lorsque l'appareil fonctionne, cet air s'échauffe, tend à monter, s'échappe par la cheminee et le courant d'air est établi.

M. Pelletan est l'inventeur d'un appareil où la vapeur fait le vide par condensation et qui peut aussi marcher à basse pression; mais il faut y faire le vide à chaque nouveau remplissage de la chaudière.

Nous allons nous occuper en détail de l'appareil à double effet de M. Derosne, pour évaporer et cuire dans le vide, le plus parfait de tous les appareils de ce genre. Nous empruntons la description de cet appareil, qui n'est autre que l'appareil Degrand perfectionné, à la notice que M. Derosne a publiée.

Digitized by Google

Evaporation et cuite au moyen de l'appareil dans le vide à double effet. La figure 2386 est une élévation de l'appareil à double effet dans le vide : A, chaudière close, de forme sphéroïdale, dans l'intérieur de laquelle les jus ou sirops s'évaporent à l'abri de la pression atmosphérique ; B, vase de sûreté pour empêcher les jus ou sirops enlevés par l'ébullition de passer dans le condensateur ; C, condensateur évaporateur entretenant le vide dans la chaudière close A ; F, système mécanique composé d'une machine à vapeur à double effet, deux pompes à air pour l'appareil, une pompe à eau pour les besoins généraux et deux pompes alimentaires pour les générateurs ; G, réservoir pour le jus défèqué filtré, placé au niveau de la partie supérieure du condenseur évaporateur, et servant à alimenter ce dernier : ce réservoir est muni d'un tuyau à sa partie inférieure pour donner issue au jus qui se rend sur le condenseur évaporateur ; H, réservoir placé au pied du condenseur évaporateur, et recevant le jus qui a passé sur ce condenseur en subissant une première évaporation ; I, réservoir placé au pied de la chaudière A, recevant le sirop évaporé à 25° ; J, monte-jus recevant le sirop à 25° du réservoir ci-dessus, et l'élevant dans un autre réservoir destiné à alimenter les filtres à sirop ; K, réservoir recevant les sirops à 25°, élevés par le monte-jus ci-dessus pour l'alimentation des filtres à noir en grains ; L, gouttière mobile, recevant la vidange de la chaudière dans le vide A, et conduisant ce produit dans l'une ou l'autre des deux gouttières ci-dessous ; M, gouttière fixe recevant de la gouttière mobile ci-dessus le sirop évaporé à 25°, et le conduisant au réservoir I ; N, gouttière mobile recevant de la gouttière I le sirop cuit, et le versant dans l'un ou l'autre des deux réchauffoirs qui sont dans l'empli.



2386.

Détails de la chaudière A. — *a*, tuyau amenant la vapeur des générateurs pour le chauffage de la chaudière A ; *a'*, tuyau amenant la vapeur des générateurs dans l'intérieur de la chaudière A ; *b*, robinet à culotte ou à deux branches fournissant la vapeur dans les deux serpentins chauffeurs qui sont logés dans l'intérieur de la chaudière ; *c*, robinet admettant la vapeur de *a'* dans la capacité de la chaudière, soit pour en chasser l'air, soit pour dégraisser cette chaudière ; *d d*, boîte d'aspiration à trois soupapes ; cette boîte sert pour l'alimentation de la chaudière ; à chacune des soupapes correspond un tuyau qui va plonger, savoir : l'un, dans H, réservoir à jus ; le second, dans le réservoir à sirop filtré à 25°, et le dernier, dans les réservoirs à sirop d'égout qui ne sont pas visibles dans cette section ; *e*, robinet de vidange de la chaudière ; *f*, roue ou volant servant à manœuvrer le robinet ci-dessus ; *h*, colonne ou chapiteau de la chaudière ; dans l'intérieur de cette colonne est une soupape d'une large dimension qui sert à intercepter la communication à volonté entre la chaudière et le condenseur C : cette soupape est manœuvrée au moyen d'un levier ; *i*, tubulaire de cette colonne se raccordant au tuyau horizontal qui va rejoindre le vase sûreté B ; *j*, *j*, branches du robinet *b*, formant la naissance des deux serpentins chauffeurs de la chaudière ; *k*, tuyau de retour d'eau, formant l'autre extrémité des serpentins de chauffe de la chaudière, par où l'eau condensée s'écoule, et est conduite dans un cylindre où elle est reprise par une des pompes du système mécanique pour retourner alimenter les générateurs ; *l*, robinet pour laisser rentrer l'air dans la chaudière au moment de vider cette dernière ; *m*, petit appareil d'épreuve pour extraire une quantité de jus de la chaudière et en prendre la densité ; *n*, sonde à sirop pour prendre la preuve de la cuite au filet ; *o*, robinet à beurre ; *p*, quatre lunettes ou glaces pour voir ce qui se passe dans l'intérieur de la chaudière ; *q*, trou d'homme avec une fermeture autoclave ; c'est par cette ouverture que l'on s'introduit dans la chaudière pour les grands nettoyages ; *r*, quatre colonnes en fonte supportant la chaudière ; *s*, massif de maçonnerie, recouvert de parquet pour recevoir la chaudière. On monte à ce massif par deux escaliers, et c'est sur cette plateforme que se tient le cuiseur ; de cette place, il inspecte facilement tout ce qui se passe dans l'atelier.

Détails du vase de sûreté B. — *a*, tubulure de communication de la chaudière A, avec le vase de sûreté ; *b*, capacité en forme de colonne, dans laquelle les jus ou sirops qui se trouveraient projetés hors de la chaudière A, par la force de l'ébullition, viendraient se rendre ; *c*, indicateur de cristal laissant voir le liquide qui serait passé dans le vase de sûreté ; ce tube est retenu aux deux extrémités par deux petits supports à robinets ; dans le cas de rupture du tube, on fermerait les deux robinets pour éviter une interruption dans la marche de l'appareil ; *d*, robinet de vidange du vase de sûreté ; *e*, deux prises de vapeur ménagées sur le vase de sûreté, et mettant en communication la capacité de ce vase avec les deux rangs du condenseur à tuyaux C. ; *f*, socle du vase de sûreté ; *g*, bouchon à vis, donnant accès, au besoin, dans l'intérieur du vase de sûreté.

Digitized by Google

Détails du condenseur-évaporateur C. — *b*, tuyaux de cuivre horizontaux composant, par leur réunion, le condenseur évaporateur; ces tuyaux sont disposés de manière à former, pour la grandeur d'appareil qui nous occupe, deux travées verticales composées chacune d'un certain nombre de tuyaux superposés. Le tuyau supérieur de chaque travée vient se réunir avec les tubulures ou prises de vapeur *e* du vase de sûreté B; *c*, coudes ou culottes en cuivre fondu, servant à réunir entre eux les tuyaux horizontaux *b* de chaque travée du condenseur; *d*, tuyaux venant se réunir au tuyau inférieur de chaque travée de tuyaux *b*, et conduisant les eaux condensées aux pompes à air du système mécanique F; *e*, tuyau communiquant au réservoir G, et servant à amener les jus aux robinets qui les distribuent sur les tuyaux *b* du condenseur; *f*, robinets distributeurs à engrenages fixés au tuyau *e* ci-dessus; *h*, petite roue dentée fixée à l'extrémité supérieure de la tige de la clef du robinet *f*; *i*, pignon denté engrenant avec la roue ci-dessus; *j*, longue tige en fer sur laquelle est fixé le pignon *i*; elle est terminée inférieurement par une poignée à l'aide de laquelle on la manœuvre; en imprimant un mouvement de rotation à cette tige, on fait mouvoir le pignon *i*, qui est monté dessus: ce pignon engrène avec la roue *h*, laquelle, montée sur la tige du robinet *f*, communique finalement le mouvement à la clef de ce robinet, et l'ouvre ou le ferme suivant le besoin; *l*, tuyau partant de chaque robinet *f*, et venant porter le jus dans les distributeurs; *m*, distributeurs du jus sur le condenseur; il y en a un sur chacune des deux travées verticales de tuyaux; *n*, petites ouvertures allongées et très multipliées, pratiquées sur les distributeurs *m* pour l'écoulement du jus; *o*, dentelures ménagées à la partie inférieure du distributeur pour éparpiller le jus sur le premier tuyau de chaque travée; *p*, arcades en fonte couronnant la partie supérieure des travées du condenseur; *q*, vis de rappel et de pression, ayant son écrou logé dans l'arcade en fonte ci-dessus, et servant à saisir dans son milieu la gouttière de distribution *m* pour en maintenir l'horizontalité; *r*, console en fonte supportant les robinets de distribution *f* et leur mouvement mécanique; *s*, guides pour diriger les tiges de mouvement *j*; *t*, grands bacs ou gouttières posés sous chacune des trois travées du condenseur, et servant à rassembler le jus au bas de leur course; les tuyaux de vidange de ces gouttières conduisent dans le réservoir H, les jus qui sont arrivés au bas du condenseur; *u*, baromètre à cuvette indiquant le degré de vide existant dans l'appareil.

Détails du système mécanique F. — *a*, bâche en fonte dans laquelle sont logées les deux pompes à air, et après laquelle sont fixés les bâtis de la machine à vapeur, les deux pompes alimentaires pour les générateurs et la pompe à eau. Cette bâche reçoit l'eau extraite du condenseur par les pompes à air; *b*, machine à vapeur à double effet; *c*, *c'*, deux pompes à air; *d*, *d'*, deux pompes alimentaires pour refouler l'eau dans les générateurs de vapeur; *e*, pompe à eau pour les besoins de l'établissement; *f*, tuyau amenant la vapeur des générateurs à la machine; *g*, deux bâtis à chevalets en fonte montés sur la bâche *a*, servant de supports à l'arbre de la machine à vapeur et aux mouvements des pompes; *h*, arbre sur lequel est monté le volant de la machine à vapeur; *i*, volant de la machine à vapeur; *j*, manivelle de la machine, fixée sur l'arbre *o*, et articulée, la bielle faisant suite à la tige du piston de la machine; *k*, bielle articulée à la tige du piston de la machine à vapeur au moyen de laquelle la puissance est communiquée à la manivelle *j*; *l*, *l'*, engrenage d'angle communiquant le mouvement à une soupape tournante de distribution; *n*, arbre horizontal donnant le mouvement à la roue d'angle *l*; *o*, régulateur à force centrifuge, servant à régler l'admission de vapeur dans la machine; *p*, support du régulateur; *p'*, levier du régulateur; *q*, tringle fixée au bout du levier ci-dessus, et allant donner le mouvement à la valve d'admission de vapeur; *r*, roue d'engrenage fixée sur l'arbre du volant *o*; *s*, roue d'engrenage fixée sur l'arbre *n*; *t*, autre roue d'engrenage recevant le mouvement de la roue *r*; *u*, axe de la roue *t*; l'arbre est coudé et s'articule avec la bielle donnant le mouvement au balancier des pompes à air *c*, *c'*; *v*, bielle dont il vient d'être parlé; *x*, balancier donnant le mouvement aux deux pompes à air; *x'*, poulie placée sur l'arbre du volant *h*, pour donner le mouvement au besoin à une machine quelconque; *y*, deux tiges des pistons des pompes à air *c*, *c'*, *z*, bouton de la manivelle donnant le mouvement à la tige du piston de la pompe à eau; *z'*, balancier donnant le mouvement aux deux pompes alimentaires.

Détail du monte-jus J. — *a*, robinet servant de communication entre le réservoir I et le monte-jus; *b*, robinet admettant alternativement la vapeur et l'air dans le monte-jus; *c*, tuyau par lequel ce monte-jus envoie son contenu dans le réservoir K.

Service de l'appareil d'évaporation et de cuite dans le vide, à double effet. Le jus ayant été soumis à la défécation et à la première filtration, se trouve élevé par un monte-jus dans le réservoir G. Ce réservoir étant suffisamment rempli, on ouvre le robinet qui se trouve dans la partie inférieure et qui communique au tuyau *e* du condenseur C, et le jus se rend par les robinets *f* dans les distributeurs *m* dudit condenseur.

Pour commencer un travail, on n'a pas de matière pour alimenter la chaudière A; on est obligé de laisser couler par les distributeurs *m* une certaine quantité de jus défèqué et filtré qui se répand goutte à goutte, et dans un état de division extrême, sur le premier tuyau du condenseur, de là il descend sur le second, sur le troisième, etc., et arrive au bas de ce condenseur dans les cuvettes *t* pour se rendre au réservoir H; lorsqu'il y a dans ce réservoir une quantité de liquide suffisante pour le chargement de la chaudière A, on peut alors procéder à la mise en train.

Pendant le temps que le jus a mis à emplir le réservoir H, on s'est occupé de faire le vide dans l'intérieur de l'appareil, c'est-à-dire dans toutes les parties A, B, C, qui le composent, au moyen des pompes à air *c*, *c'*, du système mécanique F. La chaudière A est donc toute prête à aspirer le jus du réservoir H. A cet effet on ouvre la soupape correspondante de la boîte d'aspiration *d* de la chaudière A, et aussitôt le jus se précipite de lui-même dans cette chaudière par le tuyau qui plonge dans le réservoir H. Aussitôt que la chaudière A se trouve remplie au degré convenable, ce dont on s'assure au moyen des lunettes de verre *p* placées sur cette chaudière, on ferme le robinet ci-dessus et on introduit aussitôt la vapeur dans les serpentins de chauffe; pour cela on ouvre le robinet *b* de la chaudière A et la vapeur arrive par le tuyau *a*, s'introduit dans les deux serpentins de chauffe de la chaudière et ne tarde pas à mettre le jus en ébullition; la vapeur qui s'échappe de ce jus s'élève par le chapiteau *h*, se rend dans le vase de sûreté B, de là passe dans les tuyaux *b* du condenseur évaporateur C; c'est alors que le jus qui jusqu'à présent a coulé à l'extérieur des tuyaux de ce condenseur, uniquement pour se rendre dans le réservoir H et fournir à l'alimentation de la chaudière A, commence à éprouver ce que nous appelons *le double effet* de l'appareil; c'est-à-dire que la vapeur circulant à l'intérieur des tuyaux *b* du condenseur C, échauffe ce jus en se condensant, et que ce jus, puissamment aidé du contact de l'air qui le saisit dans un état de division extrême, s'évapore et se réduit dans la proportion de la moitié de son volume environ; à partir de ce moment il n'arrive plus dans les bacs ou cuvettes *t* du condenseur C que des jus notablement évaporés et augmentés de densité.

Digitized by Google

L'écoulement du jus sur le condenseur doit être ménagé de telle sorte, que l'évaporation de l'eau qui a lieu par la descente de ce jus sur les tuyaux, soit égale à celle qui s'opère dans la chaudière close. De cette manière on n'a jamais excédant de jus au bas du condenseur, et il n'est jamais utile de remonter ce jus pour le faire passer une seconde fois sur les tuyaux. Il est facile de faire arriver les jus au bas du condenseur à un degré de densité voulu; pour cela on manœuvre les robinets distributeurs *f* de manière à laisser couler une quantité de jus telle, que le degré au bas de la course soit celui que l'on cherche; sa densité est évidemment d'autant plus grande qu'on en a fait passer un moins grand volume sur les tuyaux.

En opérant de cette manière, on aura toujours assez de jus pour bien garnir le condenseur, et on ne sera jamais encombré de jus dans les citernes; la chaudière close suffira pour débiter ce jus au fur et à mesure de son arrivée.

Il résulte de ce qui précède que, après avoir chargé la chaudière A avec du jus qui n'a éprouvé aucune évaporation, on n'a plus pour les opérations suivantes que du jus qui a subi une évaporation déjà notable sur les condenseurs au moyen de l'évaporation considérable des jus qui coulent à l'extérieur des tuyaux du condenseur C. La vapeur circulant à l'intérieur et provenant des jus en ébullition dans la chaudière A, se trouve condensée et ramenée à l'état d'eau; cette eau ruisselle à l'intérieur des tuyaux *b*, en suit toutes les sinuosités, et finalement vient se rendre au système mécanique F, d'où elle est évacuée par le jeu continuel des pompes à air *c*, *c'*. Les pompes à air aspirent en même temps et évacuent la petite portion d'air ou de gaz qui aurait pu être contenue dans les jus ou s'être introduite dans l'appareil par les robinets ou par quelques petites fissures. La condensation des vapeurs de la chaudière A par l'évaporation du jus jusqu'à un certain degré sur les tuyaux du condenseur B, en même temps que l'action continue des pompes à air, entretiennent dans la chaudière un vide qui fait que l'ébullition a lieu à une très basse température.

Nous avons reconnu que, dans le travail de l'évaporation des jus jusqu'à 25°, le degré de vide était suffisant lorsque le mercure se maintenait dans le baromètre à une dépression de 40 à 45 centimètres. Dans le travail de la seconde évaporation, celle de 25° à la cuite, le vide a besoin de se maintenir plus bas; il est bon de se tenir entre 48 et 60 centimètres de dépression.

(Nous entendons par dépression la pression que supporte le sirop, en moins de la pression atmosphérique, c'est-à-dire que la hauteur de la colonne de mercure dans le baromètre étant ordinairement sous la pression atmosphérique de 76 centimètres, cette hauteur ne soit plus que 36 cent. dans un cas et 31 dans l'autre.)

Les jus qui ont parcouru successivement les tubes du condenseur C, en les enveloppant extérieurement, et qui ont éprouvé, comme nous l'avons dit, une évaporation considérable, viennent se rendre dans les gouttières ou bacs *t* établis au bas de ce condenseur, et de là dans le réservoir H; c'est là qu'ils se rassemblent pour être puisés par la chaudière A.

Le jus avec lequel a été chargée, lors de la mise en train, la chaudière A, étant au plus faible degré de densité, puisqu'il n'avait encore subi aucune évaporation sur le condenseur, il devient nécessaire de recharger plusieurs fois la chaudière, parce que la réduction de ce jus par l'évaporation, pour arriver à 25°, laisserait à nu une partie des serpentins de chauffe, ce qu'il faut éviter, car autrement on risquerait d'altérer le peu de sirop qui recouvre ces serpentins en raison de la haute température qu'ils éprouvent lorsqu'ils ne sont pas plongés dans le liquide à évaporer. On se guide par l'inspection de l'intérieur de la chaudière à travers les lunettes *p*. Pour opérer ce chargement, on n'a qu'à ouvrir la soupape d'aspiration *d*.

On s'assure du degré de densité auquel sont parvenus les jus dans la chaudière A au moyen de l'appareil d'épreuve *m*, dont nous décrirons la manœuvre plus loin.

Lorsque le jus en évaporation dans la chaudière A est arrivé à 24 ou 25° de l'aréomètre Baumé, il faut alors le retirer de cette chaudière. On arrête de suite l'introduction de la vapeur de chauffage, et pour cela on ferme le robinet de vapeur *b*, puis au moyen de la soupape contenue dans la partie supérieure de la colonne ou chapiteau *h*, on intercepte la communication entre la chaudière A, et les autres parties de l'appareil, on laisse rentrer dans cette chaudière l'air atmosphérique au milieu de l'ouverture du robinet *l*, et le vide se trouve ainsi détruit; on n'a plus qu'à ouvrir le robinet de vidange *e*, de la chaudière, et le sirop s'écoule dans la gouttière mobile L que l'on voit communiquer dans la gouttière fixe M; le sirop à 25° se rend alors dans le réservoir I.

Lorsque la chaudière A est vide, on ferme le robinet *e* au moyen du petit volant *f*, on ferme également le robinet à air, on rétablit, au moyen de la soupape de *h*, la communication entre la chaudière et le condenseur, et le jeu des pompes à air a promptement expulsé la quantité d'air que le vide détruit dans la chaudière A, a introduite dans le système; on aspire une nouvelle charge de jus par la soupape *d*, on donne la vapeur par *b*, et l'opération recommence. Toute cette manœuvre exige moins de deux minutes. Pendant ces déchargement et rechargement de la chaudière, on n'arrête nullement l'écoulement des jus sur le condenseur; ce temps est si court, que cela n'en vaut pas la peine; les jus qui coulent pendant ces quelques minutes et qui ne sont pas évaporés se rendent avec les autres dans le réservoir H.

On peut, si l'on veut opérer d'une manière un peu plus prompte, pour remettre la chaudière A en état d'être rechargée; dès que cette chaudière est vide de sirop, on ferme le robinet à air *b*, on ferme également aux trois quarts celui de vidange *e*, et on ouvre le robinet *c*, qui introduit de la vapeur dans l'intérieur de la chaudière A. On fait siffler cette vapeur pendant un instant, par l'ouverture rétrécie du robinet de vidange *e*, puis l'on ferme celui-ci entièrement; l'effet du sifflement de la vapeur a été d'expulser l'air de la chaudière, et on n'a plus besoin de compter sur le jeu des pompes à air pour rétablir le vide.

Cette introduction de vapeur dans la capacité de la chaudière A, si elle n'est pas toujours utile pour le rétablissement du vide, puisque l'on peut se servir des pompes à air, est quelquefois nécessaire pour dégraisser la chaudière et le robinet de vidange; c'est après les cuites que cette opération peut devenir nécessaire, parce qu'en raison de la basse température à laquelle le sirop se cuit, il arrive quelquefois qu'il se dépose des cristaux de sucre sur les parois de la chaudière ou dans la clef du robinet de vidange; le lavage à la vapeur devient très utile dans ce cas.

Nous avons dit que les sirops évaporés à 25° se rendent dans le réservoir J; ce réservoir communique à un monte-jus *c*; c'est à l'aide de ce monte-jus que les sirops à 25° se trouvent élevés dans le réservoir qui sert à l'alimentation des filtres à sirop. Les sirops à 25° que l'on a envoyés au moyen du monte-jus sur les filtres à noir en grains se rendent après leur filtration dans le reservoir K où nous avons à les prendre pour les porter au point de cuite.

Lorsqu'on aperçoit que le réservoir K contient une quantité de sirops filtrés assez grande pour faire le chargement de la chaudière A, on saisit le moment où

Digitized by Google

celle-ci peut être vidée, et au lieu de la recharger avec le contenu du réservoir H, on la fait aspirer dans le réservoir K en tournant simplement la soupape d'aspiration *d'*, et on cuit jusqu'à consistance de preuve, en opérant de la même manière que pour l'évaporation des jus. Pendant le temps de la cuite, les jus s'accumulent dans le réservoir H, qui est d'une contenance assez grande pour les recevoir.

Pour prendre la preuve, on se sert de la sonde qui est fixée sur la chaudière A ; au moyen de cette sonde, on extrait de la chaudière une petite quantité de sirop, sur laquelle on opère la preuve au filet ; nous reviendrons sur cette preuve. Lorsque le sirop est cuit on vide la chaudière, en opérant la même manœuvre que nous avons décrite ci-dessus. Le contenu de la chaudière est rendu, dans ce cas, par la gouttière mobile L dans la gouttière N, qui la verse dans l'un ou l'autre des réchauffoirs qui sont dans l'empli ; là le sirop cuit est traité ainsi que nous le dirons plus tard.

Des soins à prendre pendant l'évaporation des jus ou sirops. — Lorsqu'on procède à l'évaporation des jus ou sirops, il faut surveiller le départ du premier bouillon, parce qu'il arrive très souvent qu'au début de l'ébullition il se produit un boursouflement de la matière contenue dans la chaudière, et si on n'y apportait pas la surveillance nécessaire les jus sortiraient de la chaudière A et passeraient dans le vase de sûreté B. Il faut donc au moment où le bouillon commence à se produire, introduire dans la chaudière une petite quantité d'un corps gras quelconque, tel que beurre, saindoux, graisse ou huile. Ce corps gras s'introduit dans la chaudière par le robinet à beurre *o*. Dès que l'on a mis dans le godet de ce robinet la matière grasse, que nous supposons être du beurre, la température de cette pièce la fait fondre, et en tournant rapidement la petite poignée qui termine la clef de ce robinet, le vide qui existe dans la chaudière est cause que ce beurre fondu est aspiré promptement et tombe sur le jus en ébullition. Une très petite quantité de matière grasse est suffisante pour faire tomber de suite le bouillon, et pour régulariser de suite l'ébullition. Il est utile que l'ouvrier cuiseur, au moment où le bouillon part, porte son attention sur les lunettes de la chaudière, et tienne sa main sur le robinet *b*, qui sert à l'introduction de la vapeur dans les serpentins de la chaudière, afin de modérer à volonté le bouillon lorsque cela devient nécessaire. Si dans la durée de l'évaporation, pendant laquelle la surveillance est toujours nécessaire, on aperçoit au jus ou au sirop de la tendance à monter de nouveau, il faut repéter l'addition du beurre. Les lunettes *p* sont très utiles pour voir ce qui se passe dans la chaudière A ; afin de rendre leur usage plus facile, il est bon de fixer sur les lunettes opposées à celles que l'on est le plus à portée de surveiller, une petite lampe avec un réflecteur, qui porte le plus de lumière possible sur les lunettes. Les lampes dites Locatelli sont très commodes pour cet emploi, parce qu'elles durent très longtemps sans avoir besoin d'être touchées.

Nous avons dit qu'il est important de ne jamais laisser à découvert les tuyaux du serpentin de chauffe de la chaudière A, parce que si cela arrivait la petite quantité de sirop qui y adhère se caraméliserait et communiquerait de la couleur, et par suite de l'altération à la masse du sirop en ébullition. Cela résulte de la haute température qu'acquièrent les tuyaux du serpentin lorsqu'ils ne sont pas baignés dans le liquide ; lorsqu'ils en sont recouverts, au contraire, l'évaporation immense qui a lieu absorbe si promptement le calorique de la vapeur qui est contenue dans ces serpentins, que leur température ne peut s'élever ; si donc on voit que, par la concentration, les jus ou sirops baissent de manière à découvrir les serpentins, il faudra recharger la chaudière en ouvrant l'une des soupapes *d*, *d*, de la chaudière A, suivant la qualité des produits que l'on évapore dans la chaudière. Nous insistons d'une manière particulière sur cette attention à ne pas laisser découvrir les serpentins.

Vidange du vase de sûreté. — Nous avons dit que le vase de sûreté devait remédier à l'inconvénient du montage des jus dans la chaudière ; ce vase de sûreté est assez grand pour contenir une certaine quantité de liquide, et pour qu'on ne soit pas dans le cas, à moins d'accident grave, de le vider plus d'une fois toutes les vingt-quatre heures. L'indicateur de verre *c*, qui est fixé sur ce vase, indique son degré de plénitude et avertit du moment où on doit le vider. Pour opérer la vidange de ce vase, on profite d'un moment où l'on est obligé de vider le contenu de la chaudière A, et, dans ce cas seulement, on laisse rentrer l'air dans la totalité de l'appareil, en laissant ouverte la communication entre le chapiteau *h* de la chaudière et le vase de sûreté B ; alors l'air qui s'introduit par le robinet d'air ne se borne pas à remplir la capacité de la chaudière A, il se répand aussi dans les capacités de toutes les autres pièces de l'appareil, telles que B, C, F, et en ouvrant le robinet *d* du vase B, le liquide qui y est contenu prend son écoulement. Lorsque la vidange est opérée, on ferme le robinet *d*, de ce vase, on ferme également le robinet à air de la chaudière A, et le jeu des pompes à air a bientôt rétabli le vide.

On aurait pu, à la rigueur, établir entre B et C une soupape semblable à celle contenue dans le chapiteau de la chaudière A, pour interrompre la communication entre ces deux pièces de l'appareil de manière à ne pas détruire le vide dans le conducteur ; mais pour cela il aurait fallu déranger l'harmonie de la disposition de l'appareil et ne pratiquer qu'une seule issue de vapeur entre B et C, au lieu de deux qui y sont ménagées. L'occasion de vider B doit être si rare, et la facilité de rétablir le vide par les pompes à air est si grande, que cette soupape a été jugée inutile.

Cuisson des sirops d'égout. — Pour achever tout ce qui concerne l'emploi de l'appareil dans le vide, nous devons anticiper sur la marche générale et parler de la cuisson de ce qu'on appelle les sirops d'égout, c'est-à-dire les sirops de l'égouttage des formes, ou vases quelconques dans lesquels on a versé le sucre cuit.

On ne doit pas accumuler ces sirops ; ils doivent être cuits au fur et à mesure qu'il y en a une assez grande quantité de réunis pour charger la chaudière de l'appareil ; en procédant ainsi, on évite l'altération de ces sirops. Tant que l'on travaille des betteraves et que l'on a du jus à sa disposition, la cuisson des sirops d'égout se fait de la même manière que celle des sirops à 25°, c'est-à-dire que la condensation des vapeurs continue toujours à avoir lieu par l'évaporation des jus sur le condenseur ; mais dans ce cas, il est convenable de modérer l'écoulement de ces jus, comparativement à celui que l'on donne dans la cuisson des sirops filtrés à 25°, par la raison que les sirops d'égout marquent 35 à 36° à l'aréomètre de Baumé, et qu'ils sont loin de produire dans leur évaporation autant de vapeur que les sirops à 25° ; ces derniers conservant 55 p. 100 d'eau, tandis que les autres n'en contiennent que 25.

Il arrive souvent à la fin de la campagne que l'on a encore une certaine quantité de sirop d'égout à cuire. Lorsque l'on n'a plus de jus à sa disposition, on est alors dans la nécessité d'employer de l'eau pour opérer la condensation des vapeurs. Dans ce cas, on doit faire arriver l'eau dans le réservoir G, et s'en servir sur le condenseur C de la même manière qu'on se serait servi de jus. L'eau qui arrive dans les cuvettes *t* du condenseur se rend dans le réservoir H, auquel réservoir on pratique un trop plein pour laisser perdre l'eau dans un caniveau qui la conduit hors de la fabrique.

De l'égale répartition du jus sur les condenseurs. —

Digitized by Google

L'égale répartition des jus sur les tuyaux du condenseur C, est une partie de la marche de l'appareil qui nous a beaucoup occupé ; c'est aussi un point sur lequel nous appelons fortement l'attention des personnes chargées de la conduite de nos appareils. Au premier coup d'œil, rien ne paraît plus simple que cette égale répartition au moyen des distributeurs *m*, garnis des petites ouvertures *n*, et cependant elle exige de la surveillance. Il arrive que par suite des variations de température des jus, les gouttières de distribution éprouvent un mouvement de dilatation inégale qui les déforme, par suite duquel les jus se portent plus d'un côté que de l'autre ; il en résulte alors que le jus qui doit tomber également et goutte à goutte en forme de pluie, d'abord sur toute la longueur du premier tuyau supérieur, ensuite sur l'inférieur, et ainsi de suite jusqu'en bas, se porte tout d'un côté en abandonnant l'autre, ou vers le milieu, en abandonnant les côtés, ce qui laisse une partie des tuyaux du condenseur dégarnie, et réduit d'autant son action pour la condensation et l'évaporation. Un autre inconvénient de cette inégale répartition, est que le sirop qui recouvre la partie du condenseur qui n'est plus arrosé, éprouve une continuité de température qui, quoique assez basse, finit toutefois par l'altérer, en l'amenant à l'état d'une espèce de caramélisation. C'est pour remédier à ces inconvénients, résultant des dilatations diverses des distributeurs *m*, que nous avons employé les vis de rappel *q*, qui saisissent les distributeurs dans leur milieu. A l'aide de ces vis on abaisse ou on élève le centre des distributeurs, de manière à toujours ramener l'horizontalité parfaite. Par exemple, si l'on voit que l'écoulement des jus est plus fort aux extrémités de la gouttière qu'au centre, on manœuvre la vis de rappel *q* de manière à abaisser légèrement le centre du distributeur *m*, afin de ramener les jus vers le milieu ; si les jus, au contraire, coulent plus au centre que vers les extrémités, on élève le centre de manière à renvoyer le jus vers les parties extrêmes. C'est d'abord à l'ouvrier monteur de prendre des précautions pour établir les distributeurs *m* de manière à ce qu'ils soient parfaitement de niveau, et de régler à la lime toutes les petites ouvertures *n* pour qu'elles versent toutes une égale quantité de liquide.

Quel que soit le soin qui soit pris pour régler l'écoulement des distributeurs *m*, il sera toujours nécessaire de passer de temps en temps un balai ou brosse en crin sur les premiers tuyaux du condenseur, afin de les mouiller également et que le jus ne s'y trace pas de chemins ; ces premiers tuyaux bien garnis de jus déterminent la marche des tuyaux inférieurs. L'ouvrier, chargé de la surveillance du système mécanique F, sera donc également chargé de surveiller la marche du condenseur, et de répartir, avec une brosse emmanchée ou un balai, les jus sur toute la surface ; c'est principalement en commençant qu'il est utile de mouiller toutes les surfaces de jus afin de leur faire tapisser la totalité des tuyaux.

Il faut éviter de faire tomber aucun corps gras sur les tuyaux du condenseur, car la présence de ces corps gras empêcherait le jus de s'étendre convenablement sur ces tuyaux.

Du nettoyage de la chaudière et du condenseur. — Il se pourra que suivant la nature du sol qui aura produit les cannes ou les betteraves, et suivant le traitement des jus par la chaux, ces jus contiennent une assez grande quantité de sels calcaires qui, par suite de l'évaporation, seront susceptibles de former des dépôts sur les tuyaux du condenseur ; quoique la formation de ces dépôts soit atténuée par l'emploi du charbon animal, nous croyons toutefois devoir indiquer les moyens de se débarrasser de ces dépôts s'ils venaient à se former. On doit d'abord tâcher d'en détacher la plus grande partie possible au moyen d'une friction avec une brosse dure, et pour la partie qui résistera à la brosse, on pourra avoir recours à l'emploi des eaux acidulées. En France, les fabricants de sucre de betteraves qui ont des dépôts abondants emploient l'acide hydrochlorique qu'ils étendent à 2°, et qu'ils font arriver par les gouttières *m* à la manière du jus ; pendant que cette eau acidulée coule, ils frottent rudement les tubes avec la brosse, et cette action combinée de la brosse et de l'acide les débarrasse promptement de tous les dépôts.

Pour les colonies, nous ne croyons pas devoir indiquer l'emploi de cet acide, il demande trop de précautions dans son transport, et par là devient trop cher à employer. Nous croyons qu'il sera plus convenable d'employer les eaux provenant du lavage de la sucrerie, qui s'aigrissent avec la plus grande facilité. Les vinasses des rhumeries sont encore très convenables pour cet objet. Dans toutes les localités où il n'y aurait pas de rhumeries on pourrait se procurer des eaux aigres en lessivant une certaine quantité de bagasse et en laissant passer les eaux du lavage à la fermentation acide ; ces eaux, qui ne contiennent que du vinaigre, conviennent bien mieux pour les lavages que les acides minéraux, en ce qu'ils ont infiniment moins d'action sur les soudures.

Ce que nous disons pour le condenseur C s'applique également au nettoyage des serpentins-chauffeurs contenus dans la chaudière A ; lorsque par la suite d'un travail prolongé, les tuyaux de ces serpentins viendront à se couvrir de dépôts blanchâtres qui ne sont autres que des sels calcaires, on introduira dans la chaudière des eaux aigres et on les mettra en ébullition. Ces eaux ne tarderont pas à dissoudre les sels calcaires et à laisser la surface des serpentins nette et décapée.

Cristallisation. Après la cuite, le sirop est porté dans les *étuves*, chambres basses chauffées à 25°, pour le soumettre à diverses opérations, savoir : *l'empli*, *l'égouttage*, *le clairçage* et *la recuite*.

Avant de procéder à l'*empli*, le sirop est mis à refroidir dans des rafraîchissoirs, qui sont des vases de cuivre de la capacité de 5 hectolitres. Cette opération est importante, car si l'on procédait immédiatement à l'empli, la masse ne serait point homogène et il se produirait un retrait qui causerait une espèce de cavité au centre. Aussitôt que le sirop commence à laisser déposer quelques cristaux, il faut commencer l'*empli*.

Les formes destinées à recevoir le sirop, sont des vases qui ont la forme d'un cône renversé ouvert aux deux bouts ; l'ouverture inférieure se ferme avec un linge mouillé, roulé en cornet. On aligne ces vases, en les dressant contre un appui, sur trois rangs. Pour emplir les formes, on se sert d'un bassin de cuivre à deux anses. Lorsque l'on opère l'empli, il faut avoir soin d'agiter le sirop afin qu'il forme une masse bien homogène et cristallise également partout.

Pour procéder à l'*égouttage*, on débouche les formes afin de faire écouler le sirop vert et on place les formes soit sur des pots, soit sur des gouttières, soit enfin sur les planchers lits-de-pains imaginés par M. Leroux Dufié et qui sont ce qu'il y a de mieux.

Il arrive quelquefois que le grain coule avec le sirop ; on place alors dans l'orifice de la forme une espèce de cornet percé de trous, qui retient le grain tout en permettant au sirop de couler.

Lorsque les pains sont suffisamment secs, on *loche*, c'est-à-dire que l'on secoue légèrement la forme pour en détacher le pain, et on écrase le pain loché.

Le *clairçage* se fait en enlevant les croûtes qui se forment à la surface des formes et en remuant le sucre jusqu'à 0m,05 de profondeur à l'aide d'un couteau-croche ; puis avec une truelle circulaire on tasse également les cristaux. Lorsque ce fond est fait, on verse dans la forme de la clairce qui traverse les interstices du sucre en entraînant avec elle le sirop vert. La clairce

Digitized by Google

est une solution aqueuse de sucre décoloré complétement saturée à la chaleur de l'étuve.

Il se forme à la surface du sucre claircé une croûte dure plus colorée que le reste du sucre; on l'enlève et l'on met sur la forme un drap blanc mouillé, qui produit à peu près le même effet que le terrage.

L'endroit où se pratique le clairçage s'appelle *purgerie;* on a soin d'y maintenir une température de 25°.

Les formes sont en terre cuite; cependant on en construit en zinc qui ont l'avantage de ne point adhérer autant au sucre et qui facilitent ainsi le lochage; mais elles offrent peu de solidité et ont sur le sucre une influence qui n'est pas sans danger pour le consommateur, à moins qu'elles ne soient tenues dans un état de propreté parfaite.

Après le clairçage, le pain est coupé en deux, les têtes sont mises dans les formes sur des pots pour achever de s'égoutter, et les moities sont posées sur leurs bases afin d'en achever la dessiccation. Aussitôt qu'elles sont bien desséchées, on fait le choix et on égrène le sucre.

Les résidus des premières cristallisations et des clairçages soumis à la *recuite*, puis à l'égouttage, donnent un second produit dont l'égouttage est de nouveau recuit et donne un troisième produit que l'on ne claircе point et qui se vend comme qualité inférieure. Les égouts de ce troisième produit se vendent comme mélasses. Dans quelques fabriques où la cuite est légère, il n'est pas rare de voir pousser ces opérations jusqu'à quatre et même cinq produits différents. En général on doit cesser de soumettre à la recuite quand les égouts marquent 44° de densité à l'aréomètre; ils ne sont plus alors cristallisables.

Fabrication du sucre de betteraves par le procédé Schutzenbach. Ce procédé encore peu répandu en France consiste essentiellement dans une dessiccation préalable de la betterave qui en prévient l'altération et facilite la conservation; il en résulte que ce procédé, réduisant le poids des betteraves des 4/5, permet de les cultiver loin des usines; enfin, l'expérience a montré que l'on obtient des sucres plus beaux et en plus grande quantité et que la fabrication exige un moindre matériel; le seul point qui présente encore quelques difficultés est la dessiccation même de la betterave. Nous pensons d'ailleurs qu'il sera intéressant de faire connaître ici l'état actuel de ce nouveau mode de fabrication.

Le procédé de dessiccation est assez répandu dans le grand-duché de Bade et le Wurtemberg. La principale usine est établie à Waghæurel près Mannheim; elle a opéré sur 30 millions de kil. de betteraves, en 1845, et doit en traiter 50 millions en 1846. Les tourailles ou étuves dans lesquelles s'opère la dessiccation ont 21 met. carr. de surface; on sèche 300 kil. de betteraves par mètre carré en 24 heures; la betterave perd 80 à 84 p. 100 de son poids par l'évaporation. Pour traiter la *cossette* ou betterave desséchée, on la broie d'abord dans un moulin. Une seule filtration suffit pour l'épuiser de sucre; on obtient un jus parfaitement clair marquant de 20 à 25° à l'aréomètre de Baumé, et contenant 40 à 42 p. 100 de sucre, tandis que le jus obtenu de la pulpe fraîche, lequel ne marque que 7 à 8°, n'en contient que 10 p. 100; ainsi, pour obtenir 40 parties de sucre, il faudrait par l'ancien procédé évaporer 360 parties d'eau, ou six fois autant qu'en évaporant le jus obtenu par le procédé nouveau. On économise donc, dans l'évaporation ou la cuite, plus que le combustible qui a servi à la dessiccation. En résumé les frais de fabrication sont considérablement diminués, les râpes et les presses sont supprimées, les claies et les sacs sont remplacés par des filtres en toile peu coûteux; enfin on fabrique dans le même local et avec les mêmes appareils 15 à 18 fois autant de sucre que par les procédés anciens.

Nous extrayons ce qui suit sur le traitement de la betterave par dessiccation et macération, à l'usine d'Herin, d'une communication faite à la séance de la Société d'encouragement, du 18 mars 1846, par M. Evrard, fabricant de sucre à Valenciennes. Le travail de la dessiccation a été très satisfaisant; la cossette obtenue est blanche; elle s'est parfaitement conservée dans le magasin et même dans une grange humide.

100 kil. de betteraves donnent environ 18 kil. de cossettes.

Pour sécher 40,000 kil. de betteraves, il faut 40 hectolitres de houille à 1 fr. 50 l'hectol. . . .	60 fr.
20 journées de femme à 80 cent. . . .	16 fr.
14 journées d'homme à 1 fr. 50. . . .	21 fr.
Intérêt des tourailles, qui ont coûté 14,000 fr., pendant 9 jours, à 7 p. 100.	11 fr.
	108 fr.

100 kil. de cossettes reviennent à 11 fr. 11.

La macération de la cossette a été opérée dans l'appareil de M. Duquesne qui est hermétiquement fermé, ce qui a pour but de prévenir le contact de l'air et le refroidissement de la pulpe. M. Évrard a épuisé complétement et à diverses reprises la betterave sèche, sans addition de chaux et sans remarquer la moindre trace de fermentation. Cependant, pour éviter des dépôts abondants qui encombraient l'atelier lorsqu'on ajoutait de la chaux au jus pour le neutraliser et le défequer, il a été conduit à défequer le jus sur la cossette en la traitant directement par la chaux; néanmoins la pulpe épurée ne contient plus de chaux caustique et convient pour engraisser les bestiaux. 100 kil. de cossettes rendent 38 kil. de sucre.

Pour terminer ce qui regarde ce procédé, nous dirons que son auteur, M. Schutzenbach, vient de l'appliquer dans une usine immense qu'il vient de fonder en Gallicie, au pied des monts Karpathes, à 50 lieues de Lemberg; cette usine peut produire au moins 20 millions de kil. de sucre raffiné par année, et se compose d'une sucrerie centrale et de 14 sécheries placées autour de la sucrerie, en rayonnant à 7 ou 8 lieues de celle-ci. La betterave produite autour de ces sécheries y est séchée dans de vastes tourailles; elle laisse une cossette qui renferme près de moitié de son poids de sucre; 100 kil. de betteraves fraîches donnent 20 kil. de cossettes. Transportées à l'usine centrale, ces cossettes y sont lavées en vases clos et donnent un sirop qui arrive directement à 30° Baumé; celui-ci évaporé à l'air libre, fournit, du premier jet, du sucre raffiné; calculé sur le poids de la betterave fraîche, celui du sucre s'élève à 6 p. 100. On doit remarquer ici la suppression des appareils à évaporation dans le vide, suppression que devait faciliter la nature des betteraves qui ont probablement été récoltées dans des terrains beaucoup moins fumés que les nôtres.

M. Schutzenbach estime que la dépense pour fonder cette sucrerie avec ses annexes ne s'élève pas à 1/6 de celle qu'il eût fallu atteindre pour obtenir les mêmes résultats par les anciens procédés.

SUCRE D'ÉRABLE. L'érable à sucre croît naturellement dans un grand nombre de terrains incultes de l'Amérique du Nord. C'est vers l'année 1752 que quelques fermiers de la Nouvelle Angleterre ont essaye pour la première fois de fabriquer du sucre avec la sève qui découle de cet arbre.

L'extraction du sucre d'érable est une grande ressource pour les habitants de contrées éloignées de la mer, et le procédé en est fort simple. On choisit un endroit environné d'érables et l'on y bâtit un hangar. Ce hangar sert à garantir les ouvriers contre les vicissitudes du temps. Voici quels sont les ustensiles néces-

Digitized by Google

saires à cette fabrication : une ou plusieurs tarières d'un diamètre de 0m,02; des petits baquets pour recevoir le jus; des tuyaux de sureau ayant 0m,20 à 0m,25 de longueur et une grosseur correspondante à la mèche de la tarière; des seaux pour vider les baquets et porter le jus sous le hangar; des chaudières; des formes pour recevoir le sucre quand il est assez concentré pour pouvoir être mis en pains; enfin des haches pour couper et fendre le bois qui sert de combustible. Le travail a lieu pendant le mois de février et les premiers jours de mars.

On incise les arbres à 0m,45 ou 0m,50 au-dessus du sol; on leur fait deux entailles obliques allant de bas en haut et écartées l'une de l'autre de 0m,12 à 0m,15. Il faut avoir soin de ne pas enfoncer la tarière de plus d'un demi-pouce dans l'intérieur de l'arbre, car l'expérience a prouvé qu'on obtient plus de jus à cette profondeur qu'en creusant davantage. Il faut aussi faire l'incision du côté du midi.

Les baquets peuvent contenir de 10 à 12 litres et sont ordinairement en sapin. On en place un au pied de chaque arbre afin de recueillir le jus qui s'écoule des deux tuyaux qu'on a enfoncés dans les entailles.

Chaque jour le liquide de tous les baquets est rassemblé et porté au hangar; là on le verse dans des barriques qui alimentent les chaudières. Il faut toujours faire bouillir ce suc dans les deux ou trois jours qui suivent son écoulement de l'arbre, car il entre promptement en fermentation quand le temps s'adoucit. Il faut l'évaporer rapidement et enlever avec soin les écumes à mesure qu'elles se forment. On remplit continuellement la chaudière de nouveau jus jusqu'à ce qu'on en ait transformé une forte quantité en sirop; on passe ensuite ce sirop dans une poche de coton pour en enlever les impuretés et on le laisse refroidir. On transvase alors le sirop dans une autre chaudière, que l'on remplit aux trois quarts, et on le cuit à grand feu jusqu'à ce qu'il ait pris assez de consistance pour pouvoir être versé dans les formes préparées pour le recevoir.

SUCRE DE RAISIN *ou glucose*. Nous avons traité en détail à l'article GLUCOSE la fabrication du sucre incristallisable préparé à l'aide de la fécule; nous n'avons pas à y revenir.

Quant à son extraction du jus de raisin, extraction qui n'a pu être tentée qu'à l'époque du blocus continental, et qui a été abandonnée à la paix, elle se réduisait à des concentrations et clarifications convenables pour le séparer de toute substance étrangère.

SUCRE DE MAIS. Quelques essais, attirés par l'analogie du maïs avec la canne à sucre, ont été tentés pour en extraire du sucre.

M. Pallas obtint pour résultat les chiffres suivants; il avait opéré sur 7 kilogr. de tiges de maïs qui lui donnèrent :

500 grammes de sirop à 34°;

Un produit parenchymeux qui pouvait servir de nourriture aux bestiaux;

Puis une masse gommeuse.

Du reste, aucune application en grand n'a été faite de ces expériences, et nous l'indiquons ici seulement pour mémoire.

SUCRE DE CHATAIGNES. D'après les expériences de M. Guerrazi, 100 parties de châtaignes de Toscane ont rendu 40 de sirop, dont il parvint à extraire 10 parties de moscouade cristallisée.

A cet effet, l'on prend des châtaignes que l'on pile, puis on les dessèche à l'étuve et on les concasse grossièrement; cette opération terminée, les châtaignes sont mises à infuser dans l'eau pendant cinq ou six heures, après lesquelles on soutire cette eau et l'on en met une nouvelle quantité. Cette eau est soumise immédiatement à l'évaporation, puis filtrée et clarifiée, et le sirop est ensuite versé dans des terrines où il cristallise; de temps en temps on l'agite pour activer cette cristallisation. La moscouade ainsi obtenue est soumise aux opérations du raffinage, et produit un sucre très compacte et très blanc.

SUCRE DE MIEL. Pour réduire le miel en sirop, ou mieux pour purifier le miel, en le considérant comme sirop, voici la méthode à employer. On mêle :

Miel blanc.	2k,937gr.
Eau pure.	734
Charbon animal lavé et séché. . .	184
Eau battue avec trois blancs d'œufs.	367
Craie pulvérisée. . . .	En quantité suffisante.

Si le miel est très impur, on peut suivre cet autre procédé, indiqué par M. Borde :

Miel.	4k,895gr.
Charbon végétal en poudre. . . .	0k,305
Charbon animal.	0k,453
Acide nitrique à 32°.	0k,880
Eau.	0k,305

Ce mélange trituré est chauffé dans une bassine étamée pendant dix minutes, puis on y ajoute 2 kilogr. de lait délayé de deux blancs d'œufs; on pousse le tout à l'ébullition, que l'on maintient six minutes, et l'on passe jusqu'à ce que le sirop soit très clair.

Dans cet état, il peut être considéré comme un sirop très concentré. On en extrait le sucre, en en faisant une pâte à l'aide de l'alcool concentré, puis l'on le soumet à l'action d'une presse, après l'avoir préalablement enveloppé d'une toile; cette opération, répétée jusqu'à trois fois, donne un sucre très pur.

SUCRE DE POMMES ET DE POIRES. On extrait aussi des pommes et des poires un sucre d'une saveur agréable. Il résulte des expériences faites par M. Dubuc, que 49 kilogr. de pommes donnent 36 kilogr. de moût, qui produisent 4 kilogr., 805 de sirop à 38°.

RAFFINAGE DU SUCRE. Le *raffinage* du sucre s'opère par la succession d'un certain nombre d'opérations, savoir : la *fonte* des sucres, la *clarification*, une *première filtration* simple, une *seconde filtration* décolorante, la *cuite*, l'*empli*, l'*égout*, le *clairçage* ou le *terrage*; après ces opérations le sucre est duement empaqueté, ficelé et livré au commerce.

Nous avons déjà décrit une foule d'opérations qui se rapportent au raffinage, tels que : la *clarification*, la *cuite*, l'*empli*, etc. Nous passerons donc rapidement sur celles-ci, pour nous occuper spécialement des opérations inhérentes au raffinage du sucre.

Le sucre brut, tel qu'on le reçoit des colonies, contient une plus ou moins grande quantité de mélasse et de matières étrangères. Il est donc important de lui faire subir ces opérations avant de le faire cristalliser; c'est ce que l'on appelle le raffiner.

Pour fondre le sucre brut, on le dissout dans de l'eau; 1 litre d'eau dissout 2 kilogr. de sucre. Il est important de saturer l'eau de sucre autant qu'elle en peut prendre; de cette manière on abrège la concentration.

Dans beaucoup de fabriques, on ajoute un lait de chaux à la dissolution; il en résulte que celle-ci se conserve plus facilement et s'altère beaucoup moins.

Les procédés employés pour la *clarification* sont analogues à ceux que nous avons déjà décrits; il est donc inutile d'en répéter l'énumération.

La *filtration* peut se faire à l'aide des filtres Taylor dont nous avons parlé plus haut. Dans beaucoup de raffineries on se sert d'un filtre qui a beaucoup d'analogie avec ceux de M. Taylor, et dont voici la disposition (fig. 2387, 2388 et 2389).

L'appareil consiste en une caisse en bois carrée *a*, *a*, qui est placée debout, haute d'environ 2 à 3 mètres, et munie d'une ouverture ou porte de service. Au-dessous est une citerne qui reçoit la liqueur filtrée, et la dirige au dehors par un tuyau; au-dessus de la caisse est un

Digitized by Google

réservoir c, qui est doublé en cuivre comme tout le reste de l'appareil. Le sirop arrive mêlé avec le noir en poudre dans le réservoir supérieur, puis il pénètre dans les divers filtres *d, d*, par les ouvertures *e, e*. Ces filtres consistent chacun en un sac de coton grossier (d'environ 0m,40 de diamètre sur 2 à 3m de longueur), qui est serré dans un autre sac étroit et sans fond, en canevas, dont le diamètre n'est guère que de 0m,13. De la sorte chaque filtre-sac est pressé dans un fort petit espace, et de très grandes surfaces filtrantes se trouvent réunies dans une seule caisse. L'ouverture de chaque sac est nouée autour d'un tuyau conique en cuivre *e*, qui est vissé sur le fond de la citerne supérieure. Chaque caisse à filtrer contient de 40 à 60 sacs. La première liqueur qui passe est ordinairement troublée par un peu de noir fin qu'elle retient en suspension; aussi faut-il la repasser sur le filtre. Lorsque le temps est froid, on peut chauffer l'intérieur de la caisse en y faisant passer des tuyaux de vapeur. La fig. 2389 indique la manière de disposer l'ouverture des sacs en forme d'entonnoir dans la caisse, et de les maintenir dans une chemise. La fig. 2388 représente un sac monté avec un chapeau à vis, ce qui est plus solide.

2387.



2388. 2389.

Quant à la *seconde filtration* décolorante, beaucoup de raffineurs l'ont supprimée en ajoutant du noir fin à la clarification. Du reste, on peut se servir pour cette opération des filtres Dumont que nous avons décrits plus haut.

La cuite s'est longtemps faite à feu nu; mais, le but à atteindre étant de diminuer autant que possible la quantité du sucre qui passe de l'état de sucre cristallisable à celui de sucre incristallisable par l'effet de l'action prolongée de la chaleur et l'élévation de la température, ce fut un grand progrès pour le raffinage que l'invention des chaudières chauffées à la vapeur, et surtout de la cuite dans le vide, ce qui permet d'opérer à une température peu élevée. Nous renverrons à l'article ÉVAPORATION, où la question de l'évaporation dans le vide a déjà été traitée et que complète la description détaillée que nous venons de donner de l'appareil de Derosne.

L'*empli* se fait lorsque le grain commence à se former dans les rafraîchissoirs; on se sert pour cette opération des mêmes procédés que nous avons indiqués pour l'égouttage. On ne saurait trop recommander les planchers lits-de-pains de M. Leroux-Dufié, qui ont l'avantage de conduire immédiatement les égouts dans les réservoirs. Les manipulations sont singulièrement simplifiées par ces appareils et il en résulte une grande économie pour le fabricant,

Quand le sirop vert est écoulé, on se débarrasse de celui qui reste adhérent aux cristaux par le *terrage*, opération que nous avons déjà décrite. On pourrait obtenir le même résultat par le clairçage, et cette opération offrirait infiniment plus d'avantage si elle n'avait l'énorme inconvénient d'être très dispendieuse.

Après le terrage, on loche les pains, on les nettoie, on les dessèche à l'étuve à l'aide d'un courant d'air chaud et on les livre ensuite au commerce.

Les raffineurs ont l'habitude de préparer plusieurs qualités de sucre. Quelques-uns ajoutent un peu d'indigo à leurs produits pour en rendre la blancheur plus éclatante; mais cette amélioration est plutôt nuisible qu'utile. La première qualité s'appelle sucre royal et sa cristallisation est parfaite.

Les sucres dits *tapés* se préparent avec du sucre humide; on le râcle au sortir des formes et on le tasse dans des formes plus petites. Il est immédiatement loché et porté à l'étuve. Puis viennent les *lumps* et les sucres dits *bâtards* qui proviennent du travail des sirops verts et qui subissent trois terrages successifs, de même que les *pièces*, qui sont des pains beaucoup plus gros. Enfin les *vergeoises* sont des sucres très colorés, impurs, et s'égrènent facilement. Ils sont souvent vendus ainsi et passent pour des cassonades.

SUCRE CANDI. Pour obtenir le sucre *candi*, il faut laisser opérer lentement la cristallisation. Ce sont généralement des sirops très cuits que l'on porte à l'étuve pour y être soumis à une évaporation très lente. On fait plusieurs sortes de sucre candi : les sucres candi blanc, couleur paille, et roux. On le colore aussi à l'aide d'une légère infusion de cochenille.

Le sucre candi se fait avec du sucre que l'on dissout dans l'eau, que l'on clarifie par les procédés employés pour les autres sortes de sucre. Il est ensuite filtré et soumis à une cuite qu'on pousse jusqu'à la preuve au soufflé; puis on le verse dans les rafraîchissoirs et de là dans des cristallisoirs en cuivre qui sont des espèces de terrines évasées. Ces cristallisoirs sont percés de trous afin de permettre d'y tendre des fils qui servent à fixer les cristaux. Ces trous sont ensuite bouchés extérieurement avec du papier collé.

Les cristallisoirs sont mis dans une étuve chauffée à 45°. Comme cette opération se fait lentement, les cristaux acquièrent un grand développement, et plus la cristallisation est lente, plus les cristaux sont volumineux. Il se forme une croûte cristalline au bout de cinq ou six jours. Cette croûte est ensuite rompue; on fait égoutter les cristallisoirs en les inclinant dans un canal qui conduit les égouts dans un réservoir; on les plonge dans l'eau bouillante et le pain se détache facilement. Enfin, on dessèche les pains dans une étuve dont la température s'élève successivement jusqu'à 50°.

Principaux procédés saccharimétriques. M. Payen a fait connaître, dans le mois de mars dernier, un moyen très simple de déterminer la quantité de sucre cristallisable que contient un sucre brut. Voici en quoi consiste ce procédé :

On prépare d'abord une liqueur d'épreuve : c'est une dissolution saturée de sucre que l'on obtient en faisant dissoudre 40 grammes de sucre en poudre dans 80 centilitres d'alcool à 85 centièmes, préalablement mélangés avec 4 centilitres d'acide acétique. Pour que cette liqueur soit constamment maintenue à l'état de saturation, malgré les variations de la température atmosphérique, on introduit dans le flacon qui la contient et on y laisse à demeure environ 100 grammes de sucre candi en chapelet, suspendu par un fil retenu autour du goulot. Ce sucre, par sa grande surface, se laisse dissoudre partiellement dès que la température de la liqueur s'élève, et se recouvre au contraire de particules cristallines que la liqueur y dépose aussitôt que la température s'abaisse.

Le sucre à essayer est d'abord trituré avec soin pour en désagréger les cristaux; on en pèse 15 grammes et on les verse dans le tube gradué contenant déjà 4 centimètres cubes d'alcool à 95 centièmes; au bout de 2 à 3 minutes on y ajoute 50 centimètres cubes de la liqueur d'épreuve. On agite pendant une minute, à deux autres reprises, le tube étant bouché; puis on laisse reposer pendant 2 ou 3 minutes, en facilitant le dépôt par de petites secousses. La nuance du liquide permet déjà d'apprécier comparativement la matière colorante. Le

Digitized by Google

volume du dépôt indique la proportion de sucre cristallisable : en effet, 15 grammes de sucre claircé pur et sec occupent 36 1/2 centimètres cubes, et, en divisant en 100 parties ou degrés la hauteur qu'occupent dans le tube ces 36 1/2 centimètres cubes, le nombre de divisions occupé par ce dépôt donne le nombre de centièmes qui expriment le titre de l'échantillon de sucre essayé.

Si l'on soupçonne quelque mélange de glucose ou sucre incristallisable, on renouvellera plusieurs fois la liqueur d'épreuve, qui dissoudra ce produit sans enlever le sucre cristallisable; on emploiera le même moyen pour le sucre contenant une grande quantité de matière colorante.

Si l'indication fournie par le volume du dépôt n'est pas jugée suffisante, on décantera le liquide surnageant et on le remplacera par 50 centilitres d'alcool à 95,5 centièmes; on agitera et on jettera le tout sur un filtre: on rincera le tube avec de l'alcool pour réunir tous les cristaux sur le filtre, on séchera et on pèsera le sucre ainsi obtenu; son poids est à un demi-centième près celui du sucre cristallisable contenu dans l'échantillon. On rendra la dessiccation plus prompte en opérant un dernier lavage avec 25 centilitres d'alcool à 99° : cet alcool étant employé pour la fabrication du liquide *gazogène* se trouve maintenant dans le commerce.

Le procédé de M. Payen pourrait s'appliquer aux liqueurs sucrées en y ajoutant d'abord un excès d'alcool à 99 centièmes, en quantité telle qu'il fût au plus ramené à 95 centièmes en s'emparant de l'eau que renferment ces liqueurs.

A la même époque M. Clerget a publié un autre procédé saccharimétrique, applicable tant aux sucres solides qu'aux liqueurs sucrées, et fondé sur ce principe, découvert par M. Biot, que le sucre cristallisable tourne le plan de polarisation vers la droite, et que, lorsqu'on le soumet à l'action d'un acide, il se transforme en sucre incristallisable et dévie le rayon à gauche. M. Clerget gradue d'abord son instrument, qui consiste en une sorte de lunette de 40 à 50 centimètres de longueur, à l'aide d'une dissolution contenant 12 grammes de sucre pur et sec par décilitre; il en remplit un tube long de 0m,20 qu'il place dans l'axe de l'instrument, et qui est fermé à ses extrémités par des glaces en verre; le rayon qui traverse la lunette traverse aussi le tube; il est dévié par la dissolution vers la droite. M. Clerget ramène les deux teintes produites par la lumière à l'égalité, en tournant une vis adaptée à l'instrument; il note la position que prend un index sur une règle qui doit lui fournir l'échelle. Il traite ensuite la dissolution par l'acide hydrochlorique; le sucre est transformé en sucre incristallisable, et dévie à gauche le plan de polarisation. M. Clerget ramène de nouveau les teintes à l'égalité, puis note la nouvelle position de l'index. La distance entre ces deux positions est partagée en 100 parties, dont chacune représente l'action de l'acide hydrochlorique sur un centième de la quantité de sucre cristallisable que contient la dissolution d'épreuve; or, cette action ne s'exerce que sur le sucre cristallisable, c'est-à-dire sur celui dont on veut connaître la proportion; en prenant donc 12 grammes de sucre brut ou d'une liqueur sucrée, et y ajoutant la quantité d'eau nécessaire pour former un décilitre; puis en remplissant le tube de 0m,20, on notera la position de l'index; on traitera cette dissolution par l'acide hydrochlorique et on notera la nouvelle position de l'index : la distance en degrés entre ces deux positions donnera immédiatement le nombre de centièmes de sucre cristallisable contenu dans le sucre brut ou la dissolution sucrée.

Enfin, au mois d'avril dernier, M. Péligot a fait connaître un nouveau procédé saccharimétrique applicable tant aux sucres solides qu'aux liqueurs sucrées, et basé sur l'action essentiellement différente qu'exercent les alcalis sur le sucre cristallisable et sur le sucre incristallisable. Voici en quoi il consiste :

Pour un sucre brut, on en pèse 10 grammes que l'on fait dissoudre dans 75 centimètres cubes d'eau; on ajoute peu à peu à cette dissolution que l'on fait dans un mortier de verre ou de porcelaine, 10 grammes de chaux éteinte et tamisée; on broie pendant 8 à 10 minutes, puis on jette le mélange sur un filtre pour séparer la chaux non dissoute. Cette base ayant été employée en excès, il est bon de verser une seconde fois sur le filtre la liqueur qui vient de passer, afin d'arriver à dissoudre rapidement toute la chaux que peut prendre le sucre. On étend ensuite cette dissolution de 8 à 10 fois son volume d'eau; on y ajoute quelques gouttes de teinture bleue de tournesol; puis on la sature exactement avec une dissolution titrée d'acide sulfurique : 1 litre de cette liqueur titrée contient 21 grammes d'acide à 66° et sature la quantité de chaux qui est dissoute par 50 grammes de sucre. Cet essai se termine là pour les sucres bruts ordinaires; mais si l'on soupçonne un mélange de sucre incristallisable, on fera un second essai apres avoir fait chauffer à 100°, au bain-marie, pendant quelques minutes le saccharate de chaux et avoir laissé refroidir; s'il n'y a que du sucre cristallisable, ce second essai donnera le même titre que le premier. Si au contraire il y a du sucre incristallisable, la dissolution chauffée au bain-marie prend une teinte brune qui ne disparaît point par le refroidissement, et si le sucre est en forte proportion, elle développe une odeur prononcée de sucre brûlé; enfin, le deuxième essai alcalimétrique accuse une quantité de chaux moins considérable que le premier, et qui appartient tout entière au sucre cristallisable, la chaux dissoute à froid par le sucre incristallisable ayant donné naissance, sous l'action de la chaleur, à des sels neutres sur lesquels la liqueur normale d'acide sulfurique n'a point d'action. Le double essai ci-dessus permet donc de déterminer à la fois les proportions de sucres cristallisable et incristallisable contenus dans l'échantillon donné. L'essai des liquides sucrés se fait en opérant comme il vient d'être indiqué; on doit seulement avoir la précaution d'opérer sur des liqueurs marquant 6 à 8° à l'aréomètre : les jus de betterave et de canne se trouvent naturellement dans ces conditions. La quantité de chaux éteinte à employer pour ces liquides doit être telle, que son poids soit à peu près égal à celui du sucre qu'on présume exister dans le produit à essayer; on l'obtient approximativement en multipliant par 0,019 le nombre de degrés aréométriques que donne le liquide sucré. O. VALERIO.

SUIE. La suie qui se dépose dans les cheminées et les tuyaux que traverse la fumée des combustibles végétaux, est utilisée pour préparer la couleur brune à l'eau connue sous le nom de BISTRE. On emploie aussi la suie pour effectuer la trempe en paquets de divers objets en fer, dont on veut aciérer la surface.

SUIF. Voyez BOUGIE, ÉCARISSAGE et GRAISSE.

SULFATES. On donne le nom de sulfates aux sels formés par l'acide sulfurique. Les sulfates métalliques sont tous complétement décomposés par une chaleur plus ou moins élevée; il résulte en général de cette décomposition un mélange d'acide sulfurique anhydre, d'acide sulfureux et d'oxygène, et un oxyde au maximum. Les sulfates alcalins sont indécomposables par la chaleur seule. A la chaleur blanche le charbon transforme en sulfures tous les sulfates qui ne sont pas trop facilement décomposables par la chaleur seule. Les acides phosphorique, arsénique, borique et silicique en chassent par voie sèche l'acide sulfurique. Aucun acide ne les décompose par voie humide. Les sulfates neutres sont pour la plupart solubles dans l'eau, à l'exception du sulfate de plomb qui est insoluble, et les

Digitized by Google

sulfates de mercure et d'argent qui sont assez peu solubles; ils sont en général insolubles dans l'alcool. Dans les sulfates neutres la quantité d'oxygène de l'acide est triple de la quantité d'oxygène de la base.

SULFITES. Les sulfites, sels formés par l'acide sulfureux, sont peu permanents et aisément décomposés par la chaleur; ils sont peu solubles; par l'exposition à l'air ils se transforment peu à peu en sulfates: ils peuvent dissoudre beaucoup de soufre et se changer par là en hyposulfites; beaucoup d'acides les décomposent : quand ils sont en dissolutions concentrées, les acides sulfurique et hydrochlorique en dégagent l'acide sulfureux avec effervescence. Dans les sulfites neutres la quantité d'oxygène de l'acide est double de la quantité d'oxygène de la base.

SULFURES. On donne le nom de sulfures aux combinaisons binaires dont le soufre constitue un des éléments. Les sulfures alcalins et terreux sont seuls solubles. La chaleur décompose complétement quelques sulfures métalliques, et ramène les persulfures des autres métaux à l'état minimum de sulfuration. Tous les sulfures sont décomposés par le grillage avec dégagement d'acide sulfureux et formation de sulfate; il se produit d'autant plus de sulfate que le grillage s'opère à une température plus basse et que l'oxyde qui se forme est une base plus forte; le grillage transforme le sulfure en oxyde pur lorsque le sulfate, qui pourrait se produire, est décomposable par la chaleur et que l'on chauffe suffisamment pour opérer cette décomposition. Lorsqu'ils sont exposés à l'air humide, ou lorsqu'on les tient constamment humectés au contact de l'air, la plupart des sulfures se décomposent peu à peu à la température ordinaire et se transforment en sulfates, sans qu'il y ait aucun dégagement d'acide sulfureux. Le chlore gazeux décompose tous les sulfures à une température plus ou moins élevée. Les sulfures métalliques sont en général moins attaquables par les acides que les métaux purs; quand l'acide est décomposé, il se sépare du soufre et il se forme une proportion plus ou moins grande de sulfate; quand l'eau est décomposée, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et il se dépose du soufre si le sulfure en contient un excès; quelquefois l'acide et l'eau se décomposent simultanément. L'acide nitrique attaque tous les sulfures à l'aide d'une douce chaleur, et souvent même à froid, à l'exception du sulfure de mercure; l'eau régale les décompose tous; l'acide sulfurique n'attaque que les sulfures des métaux très oxydables, excepté le persulfure de fer et le sulfure de zinc; l'acide hydrochlorique attaque les mêmes sulfures que le précédent et en outre ceux d'antimoine et de plomb. Les alcalis dissolvent un certain nombre de sulfures métalliques obtenus par voie humide; ils les décomposent tous plus ou moins complétement par voie sèche. A la chaleur rouge les nitrates décomposent tous les sulfures en transformant le soufre en acide sulfurique. Les sulfures et les sulfates métalliques se décomposent en général réciproquement à une température plus ou moins élevée, en donnant lieu à un dégagement d'acide sulfureux.

Les sulfures se combinent facilement avec les combinaisons binaires du même ordre, tels que les oxydes, les séléniures, les arséniures, les chlorures, etc., pour former des composés salins que l'on désigne sous le nom de *sulfo-sels* et que l'on regarde généralement comme des sels doubles, mais qui, comme nous l'avons expliqué à l'article SOUFRE, doivent être considérés comme des sels simples. Les sulfures simples et les sulfo-sels sont très répandus dans la nature et constituent l'une des classes les plus abondantes de minerais métalliques.

On obtient les sulfures métalliques par l'un des procédés suivants, qui s'appliquent aussi aux autres sulfures : 1° par combinaison directe; 2° en chauffant un oxyde avec du soufre; 3° en réduisant à la chaleur rouge un oxyde par l'hydrogène sulfuré; ou 4° par le sulfure de carbone; ou 5° un sulfate, par l'hydrogène, l'hydrogène sulfuré ou le sulfure de carbone; ou 6° un chlorure, par du soufre en vapeur; 7° en réduisant un sulfate par le charbon; 8° en chauffant au creuset brasqué un métal ou un oxyde, avec un persulfure alcalin ou un mélange de carbonate alcalin et de soufre en excès; 9° en précipitant une dissolution métallique par l'hydrogène sulfuré ou par un sulfure alcalin.

SULFUREUX (ACIDE). *Propriétés.* Cet acide est gazeux et incolore; son odeur, celle du soufre qui brûle, est bien connue; elle irrite les voies respiratoires, provoque la toux. Respiré en grande quantité, cet acide resserre la poitrine, suffoque et asphyxie. Il éteint les corps en combustion et rougit la teinture de tournesol qu'il fait passer ensuite à la couleur de vin paillet.

Sa densité est 2,234. Il est indécomposable par la chaleur; un froid de 20° au-dessous de zéro suffit pour le liquéfier, et si on le comprime, le froid ne doit pas être aussi intense. Le liquide obtenu est incolore, transparent, très volatil, bouillant à — 10°, et produit par son évaporation un froid tel qu'il fait baisser le thermomètre jusqu'à — 57°. Si la boule d'un thermomètre à mercure est entourée d'une éponge imbibée d'acide sulfureux liquide, le métal peut se congeler. M. Boutigny, d'Evreux, a découvert qu'en laissant tomber dans un creuset d'argent chauffé au bain-marie à 100° de l'acide sulfureux anhydre goutte à goutte, la solidification s'opère avec bruit. L'eau dissout 37 fois son volume d'acide sulfureux; on obtient la dissolution au moyen de l'appareil de Woolf. La dissolution d'acide sulfureux jouit de toutes les propriétés du gaz à l'air, elle se convertit lentement en acide sulfurique. L'acide sulfureux sec ne se combine à aucune température, ni à l'oxygène pur, ni à l'oxygène de l'air; mais avec le secours de l'humidité la combinaison a lieu.

Préparation. Dans les laboratoires on prépare l'acide sulfureux en enlevant à l'acide sulfurique une partie de son oxygène au moyen de certains métaux, tels que le mercure et le cuivre, avec l'aide de la chaleur. On obtient pour résidu du sulfate du métal employé; cette réaction est quelquefois mise à profit dans la préparation du sulfate de cuivre.

Ce mode de préparation n'est pas mis en usage pour les besoins des arts à cause de son haut prix, quand on ne veut pas utiliser les résidus, ou de la complication amenée par la fabrication du sulfate de cuivre quand il y a utilisation des résidus. Passons donc à d'autres plus économiques et plus simples.

M. Berthier conseille de chauffer dans une petite cornue de verre un mélange de quatre parties de fleurs de soufre avec cinq parties de peroxyde de manganèse. La moitié du soufre se convertit en acide sulfureux, tandis que l'autre se combine avec le métal pour former du sulfure de manganèse.

Si on veut combiner l'acide sulfureux avec des bases en dissolution, on peut traiter l'acide sulfurique par le bois en copeaux qui agit comme désoxygénant. Il se forme donc alors de l'acide carbonique et de l'acide sulfureux, sans aucun autre résidu que de l'eau, par le contact des deux substances employées (si elles sont d'ailleurs en proportions convenables), ce qui dans la préparation d'une substance gazeuse est d'un grand avantage. Que ce soit d'ailleurs une dissolution ou une combinaison d'acide sulfureux que l'on veuille obtenir, l'acide carbonique dégagé ne nuit jamais, car il est chassé à mesure que le gaz sulfureux arrive en quantité suffisante.

On pourrait encore, pour obtenir l'acide sulfureux, traiter de l'acide sulfurique par du soufre, si ce corps

Digitized by Google

ne fondait pas à une température plus élevée que celle nécessaire à la réaction, et ne rendait par là l'opération tumultueuse et difficile à régler. Dans ce mode de préparation il n'y aurait pas non plus de résidu, l'acide sulfurique cédant au soufre l'oxygène dont il a besoin pour passer à l'état d'acide sulfureux. Mais le procédé le plus simple à employer, et qu'il faut mettre en application toutes les fois qu'on le peut, consiste à faire brûler du soufre au contact de l'air. Dans plusieurs circonstances ce procédé s'applique, ainsi que nous allons le voir, avec la plus grande facilité ; mais dans d'autres il est nécessaire d'avoir un courant d'acide sulfureux avec pression capable de lui faire traverser des couches plus ou moins hautes de liquides ; alors le seul artifice à employer est de produire de l'acide sulfureux dans une chambre, d'où on l'aspire au moyen d'une machine quelconque, d'un ventilateur à force centrifuge par exemple, pour lui faire déprimer les liquides qu'il doit traverser. C'est ainsi qu'on peut produire très économiquement des dissolutions d'acide sulfureux ou des sulfites dont l'emploi dans les arts et les manufactures tend à augmenter tous les jours.

L'acide sulfureux est principalement employé pour le blanchiment des matières animales, des soies et des laines par exemple, et pour le traitement de la gale ; nous allons parler de ces divers emplois.

Voici le procédé pour blanchir par l'acide sulfureux. Dans une chambre disposée à cet effet, on suspend, au moyen de perches, les étoffes mouillées et on allume du soufre dans une terrine. On ferme alors la porte qu'on lute le plus exactement possible ; l'acide sulfureux formé par la combustion du soufre est condensé par l'eau qui imprègne les étoffes et agit alors pour décolorer. Lorsqu'on juge l'opération terminée, on ouvre la porte pour donner issue aux vapeurs sulfureuses avant de pénétrer dans la chambre.

La disposition du soufroir est d'une grande importance ; celle que nous venons d'indiquer présente plusieurs inconvénients. D'abord, pendant la combustion du soufre, de l'acide sulfureux s'échappe par les joints des croisées, s'il y en a, et il est bon qu'il y en ait au moins une pour éclairer la pièce : de plus, au moment où on ouvre la porte, l'acide sulfureux et les gaz délétères produits par la combustion s'échappent en abondance, et ces émanations nuisent non seulement aux ouvriers employés dans l'usine, mais aussi aux habitants du voisinage.

Pour remédier à ce grave inconvénient, d'Arcet a conseillé d'établir dans le soufroir une ventilation, un renouvellement d'air suffisant pour entraîner, quand il en est besoin, tous les gaz nuisibles à la santé.

A cet effet, les châssis des croisées doivent être fixes ou clore exactement. La porte du soufroir doit aussi fermer hermétiquement, et pour cela on en garnit les joints avec des morceaux de peau de mouton couverts de leur laine ou avec des lisières de drap. Cette porte est percée à sa partie inférieure d'une petite ouverture qu'on ferme en tout ou en partie avec une petite porte à coulisse formant une véritable chatière.

A la partie supérieure du soufroir se trouve une ouverture plus grande d'un tiers que la chatière, destinée à la sortie des gaz délétères ; elle est aussi fermée par une porte à coulisse ou registre qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté au moyen d'une corde passant sur des poulies de renvoi. Cette ouverture est le commencement d'une cheminée destinée à conduire les gaz dans l'air à la plus grande élévation possible, et dans laquelle on doit entretenir un appel assez puissant par un foyer spécial dont on utilise d'ailleurs la chaleur.

Quand on veut se servir du soufroir, les tissus que l'on doit blanchir étant disposés sur des perches ou sur des cordes, on fait un peu de feu dans le fourneau d'appel ; ensuite on place le soufre de manière à ce que l'acide sulfureux se répande le plus également possible dans la pièce ; on allume, on ferme la porte d'entrée et la chatière, mais on ouvre le registre de la cheminée et on le referme presque entièrement lorsque le soufre est bien allumé et que la dilatation a fait sortir une certaine quantité d'air et d'acide sulfureux. Si on ne ferme pas complétement, c'est pour que de l'acide sulfureux ne s'échappe point par les joints de la porte et de la chatière, et qu'au contraire le petit appel qui se fait dans la cheminée détermine par ces mêmes joints l'entrée d'un peu d'air atmosphérique.

Lorsque le soufrage est terminé, on fait du feu dans le fourneau d'appel, on ouvre entièrement le registre et peu à peu celui de la chatière qu'on laisse enfin tout ouverte pendant le temps que l'expérience indiquera comme nécessaire ; il y a alors une bonne ventilation qui enlève tout l'acide sulfureux et l'azote résidu de la combustion, et cette ventilation continue même lorsqu'on entre dans le soufroir, où on peut travailler sans être incommodé.

D'Arcet a aussi indiqué, en se fondant sur le même principe, la ventilation de plusieurs petits soufroirs accolés l'un à l'autre au moyen d'une seule cheminée d'appel, de manière qu'un des soufroirs puisse toujours être en activité.

Le mode de blanchiment des laines ou des soies par l'acide sulfureux gazeux laisse à désirer en ce sens que les matières ne sont pas également blanchies dans toutes leurs parties, et il n'est pas douteux que du jour où la dissolution d'acide sulfureux pourra être livrée à bas prix dans le commerce, on n'adopte de préférence cet agent pour y blanchir les écheveaux ou les étoffes par immersion.

Dans son action décolorante l'acide sulfureux agit par son affinité pour l'oxygène pour former de l'acide sulfurique, et les matières végétales sont soumises à cette action tout aussi bien que les matières animales, tandis que le chlore agit, lui, par son affinité, pour l'hydrogène. On avait cru longtemps qu'il était impossible de faire renaître la couleur enlevée par l'acide sulfureux ; mais il y a douze ans, M. Kuhlmann a démontré que cette opinion était erronée. Il parvint à la recoloration, et cela en employant un agent décolorant, le chlore, différant seulement dans son mode d'action. Voici une des expériences qu'il fait à l'appui de son opinion :

Dans un flacon d'acide sulfureux gazeux il plonge quelques pétales de roses qui blanchissent au bout de quelques instants ; il les plonge alors dans un flacon de chlore, et la couleur reparaît pour disparaître encore si l'action du chlore est trop prolongée.

Expliquons maintenant cette curieuse expérience. L'acide sulfureux agit en enlevant de l'oxygène, le chlore en enlevant de l'hydrogène, et si l'absorption de ces deux éléments se fait en proportions convenables, les matières n'auront en définitive perdu que de l'eau, et ordinairement la perte de ce liquide ne modifie pas les couleurs des substances organiques.

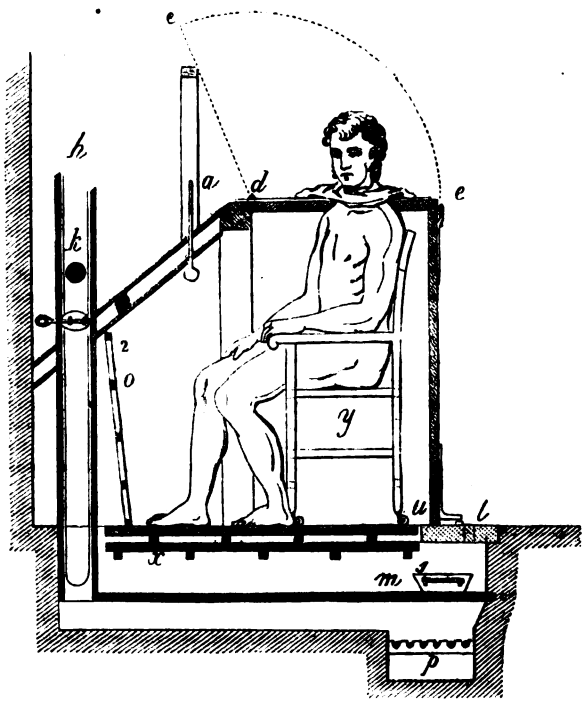
Il est à remarquer que les substances qui ont été blanchies par l'acide sulfureux reprennent leur couleur à l'air, très probablement en absorbant l'oxygène qu'elles ont perdu.

L'acide sulfureux est encore employé pour blanchir la colle de poisson, la gomme adragante, les pailles qui servent à la confection des chapeaux. Il enlève les taches de fruits et de vin sur les linges et les vêtements ; si on n'a pas d'acide en dissolution à cet effet, on fait brûler du soufre sous un cornet de papier qui sert de cheminée ; l'acide sulfureux s'échappe par le sommet ouvert du cornet où on a placé la partie de l'étoffe tachée. On peut avec des fumigations sulfureuses assainir les lazarets, les vaisseaux où se dégagent les miasmes pestilentiels, désinfecter les hardes, matelas, couvertures,

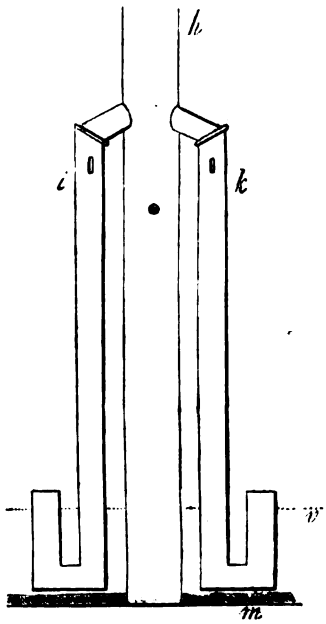
Digitized by Google

de malades infectés, de galeux, etc. C'est avec de l'acide sulfureux qu'on empêche la fermentation acide des liquides alcooliques, tels que le vin, la bière. On se contentait autrefois de placer le moût de vin dans des tonneaux où on avait auparavant brûlé des mèches soufrées; aujourd'hui on y verse du sulfite de chaux en poudre qui est décomposé par l'acide tartrique du vin; l'acide sulfureux mis en liberté reste en dissolution et du tartrate de chaux insoluble se précipite, se dépose.

C'est encore avec l'acide sulfureux qu'on parvient quelquefois à éteindre les feux de cheminée qui ne sont pas très violents et qu'on prend au début. On projette sur le foyer une assez grande quantité de fleurs de soufre. L'explication de ce fait est facile à donner. En projetant du soufre en fleur autant que possible sur le combustible, il se forme par la combinaison du soufre avec l'oxygène de l'air qui alimente le foyer, de l'acide



2390.



2391.

sulfureux qui monte dans la cheminée et se trouve en contact avec les corps enflammés, auxquels il ne peut nécessairement fournir d'oxygène, élément nécessaire de leur combustion.

Bien que dès 1657 Glauber eût indiqué l'efficacité de l'acide sulfureux contre la gale, avant M. Galès en 1813 aucun essai n'avait été fait pour appliquer cette idée. Les procédés imparfaits et incommodes ont été perfectionnés si heureusement par d'Arcet, qu'aujourd'hui ils ne laissent plus rien à désirer sous le rapport de la simplicité et de l'économie, et ils sont actuellement adoptés dans tous les hôpitaux pour le traitement des maladies de la peau. Terme moyen dix fumigations suffisent pour le traitement d'une gale simple, et dans l'appareil pour un malade seul, chacune des fumigations ne revient qu'à 5 centimes, savoir 1 cent. pour le soufre et 4 pour le combustible, de sorte que le traitement complet ne revient qu'à 50 centimes, et si l'appareil était à 12 places, chaque fumigation ne coûterait que 4 centimes par personne.

Les appareils de d'Arcet sont ingénieux; nous ne donnerons une idée que de celui pour un malade seul.

Il se compose d'une boîte en bois dans laquelle on fait entrer le malade, après avoir élevé la température de l'appareil à un degré convenable. A cet effet on a allumé le feu d'un foyer *p* (fig. 2390), surmonté d'une plaque de fonte *m m*, parallèle au sol de la chambre; la fumée de ce foyer passe par la cheminée *h*. Le malade pose sur un plancher en bois de chêne, soutenu par des barres de fer reposant elles-mêmes sur une plaque en fonte *x*, de manière que le plancher de bois étant séparé du plancher de fonte par un courant d'air, le feu ne peut pas prendre et le malade n'éprouve pas une chaleur trop forte. Ce double plancher ne touche d'aucun côté aux parois de la chambre et laisse ainsi passage à l'air chauffé par les plaques *m*. En *o* se trouve une claie en bois à mailles serrées, placée parallèlement à la cheminée *h*, pour en éloigner les pieds du malade qui pourraient se brûler par le contact. La figure représente une coupe de l'appareil fumigatoire.

Quand le malade est entré dans la boîte, on ferme la porte visible dans la figure en *e u*, on baisse le couvercle horizontal jusqu'alors levé en *d e*, de manière à faire passer la tête du malade à travers; on fait entourer le cou avec une serviette qui ferme ainsi l'espace restant entre le cou du malade et les bords du trou.

En *a* est représenté un thermomètre dont la boule est dans l'appareil et l'échelle au dehors, afin que le malade, placé dans la boîte, puisse voir à quelle température son corps est exposé. Dans la cheminée du foyer *h* viennent se rendre de chaque côté deux tuyaux d'appel représentés en *i*, *k* (fig. 2391). Ces tuyaux d'appel se terminent par un double coude dans l'intérieur de la boîte et un peu au-dessus du double plancher. La partie

Digitized by Google

horizontale de ces tuyaux d'appel pose sur la plaque de fonte qui élève leur température et détermine ainsi un tirage au moment où commence la fumigation. Ces tuyaux d'appel sont munis de clefs qu'on peut ouvrir ou fermer à volonté.

Alors on ouvre les clefs des tuyaux d'appel assez pour que le vide, qu'ils produisent dans la boîte, n'attire que peu d'air extérieur; puis on introduit le soufre par le trou *l* (il y en a deux semblables) dont on enlève le tampon. Par la combustion du soufre il se produit de l'acide sulfureux qui, entrant dans la boîte par les intervalles du plancher et des parois, circule autour du malade, et, gagnant la partie inférieure de la boîte, entre dans les tuyaux pour être jeté au dehors avec la fumée du foyer.

On peut d'ailleurs, au moyen de cette boîte, donner toute autre fumigation avec de légères modifications pour l'introduction et la volatilisation des substances.

Si on veut que la fumigation soit d'acide sulfureux, saturé de vapeur d'eau, on place, sous une des ouvertures, munie d'un tampon à entonnoir, une caisse en tôle *s*, dans laquelle, chauffée convenablement, on laisse tomber goutte à goutte de l'eau qui se réduit en vapeur et produit l'effet demandé.

Lorsque le malade doit sortir de la boîte, il faut que l'acide sulfureux ne se répande pas dans la chambre; pour cela on ouvre les deux trous *l* de même que les clefs des tuyaux d'appel, et on ferme celle *t* de la cheminée, de sorte que l'acide sulfureux s'échappe avec l'air qui entre dans la boîte, et bientôt il ne reste plus que de l'air pur.

SULFURIQUE (ACIDE). Basile Valentin, alchimiste allemand, qui vivait au XV^me^ siècle, a découvert, on le pense du moins, l'acide sulfurique en traitant le sulfate de fer par la chaleur.

Nous avons à étudier l'acide sulfurique à divers états, tant pour ses propriétés que pour sa préparation.

Propriétés. — 1° *De l'acide anhydre.* L'acide sulfurique n'a pas toujours l'apparence qu'on lui connaît généralement; on peut l'obtenir sans eau : c'est alors l'acide sec, anhydre, solide à la température ordinaire, cristallisé en aiguilles blanches, soyeuses, rayonnant d'un même centre, semblables à des fils d'amiante, ayant une grande affinité pour l'eau qu'il enlève à l'air en donnant lieu à d'épaisses vapeurs; aussi faut-il le conserver dans des tubes de verre scellés à la lampe. Il fond à 25 degrés et se vaporise presque aussitôt. Si on verse quelques gouttes de cet acide dans de l'eau, chacune d'elles produit l'effet d'un fer rouge. Il paraît que cet acide anhydre, dissolvant beaucoup mieux l'indigo que l'acide ordinaire et même celui de Nordhausen, est quelquefois employé pour obtenir une dissolution sulfurique d'indigo renfermant le moins d'acide possible. L'acide étendu d'eau ne bout plus vers 25 degrés, la température d'ébullition augmente et peut monter jusqu'à 310 degrés pour une certaine quantité d'eau. Il y a entre l'acide et l'eau une véritable combinaison chimique qui constitue l'acide sulfurique ordinaire, qu'on nomme pour cela *acide sulfurique hydraté;* c'est l'acide du commerce.

2° *De l'acide ordinaire.* Liquide, il est oléagineux, inodore et incolore lorsqu'il est pur, très caustique, désorganisant rapidement toutes les matières organiques. Une goutte suffit pour rougir une grande quantité de tournesol. La chaleur le décompose en eau, en oxygène et en acide sulfureux. Il ne fume pas à l'air, mais il en attire l'humidité; si le contact de l'atmosphère saturée est assez prolongé, si on a soin de mêler de temps en temps les diverses couches du liquide, il peut absorber jusqu'à 15 fois son poids d'eau; en même temps il se colore et devient brun. Cette coloration provient de la décomposition des poussières organiques, toujours en suspension dans l'atmosphère qu'il charbonne fortement. Cette décomposition est due à la grande affinité de l'acide pour l'eau dont il s'empare en déterminant sa formation par la combinaison de ses éléments, oxygène et hydrogène, qui se trouvent dans ces substances, et le carbone mis à nu colore ce liquide. C'est là son mode général d'action sur toutes les matières organisées; on le voit en plongeant quelques petits morceaux de bois dans une certaine quantité d'acide. Il faut donc conserver l'acide sulfurique dans des flacons bouchés à l'émeri.

L'acide coloré et étendu de l'eau qu'il a absorbée, peut être ramené à son état primitif par l'action de la chaleur; les acides sulfureux et carbonique qui se forment alors par l'action désoxygénante du carbone sur l'acide sulfurique, se volatilisent ainsi que l'eau, et lorsque des vapeurs blanches apparaissent l'opération est terminée.

L'acide sulfurique est composé de :

1 at. soufre.	201,16	ou 40,14
3 at. oxygène. . . .	300,00	59,86
	501,16	100,00

L'acide sulfurique du commerce le plus concentré, contient encore 18,32 d'eau p. 100; il marque alors 66 degrés à l'aréomètre de Baumé, et sa densité est 1,848. On peut donc dire qu'il renferme :

1 at. acide sulfurique sec.	501,16	ou 81,68
2 at. eau.	112,48	18,32
	613,64	100,00

Il ne peut se congeler qu'à 10 ou 12 degrés au-dessous de zéro; mais s'il est légèrement étendu, sa congélation peut se produire à zéro, et même à 4 ou 5 degrés au-dessus il produit des cristaux transparents. Versé en petit filet dans l'eau, il la traverse en se rendant à la partie inférieure du vase à cause de sa densité; mais si on agite, il y a un grand dégagement de chaleur proportionnel à la quantité d'acide employé. Si l'on mêle 25 parties d'eau et 500 p. d'acide sulfurique, la température s'élève jusqu'à 105°. Si le mélange est fait à parties égales, la température n'est que de 95°. D'après cela, on ne sera pas surpris que Lavoisier et Laplace aient trouvé qu'il se produit, en mêlant 734 parties d'eau et 979 d'acide ordinaire, assez de chaleur pour fondre 1.529 parties de glace.

Pour opérer un mélange d'acide sulfurique et d'eau, on est obligé de prendre des précautions, car le vase, s'il est de verre, casse par suite de l'élévation subite de température, ou bien une portion du liquide peut être projetée.

Il ne faut jamais verser l'eau dans l'acide, mais ce dernier par portions dans l'eau, et avoir soin de remuer le mélange après chaque addition, et, autant que possible, ne pas faire le mélange dans un vase de verre ou de grès.

L'acide sulfurique détermine par son affinité pour l'eau, la fusion de la glace ou de la neige avec laquelle il est mis en contact, et il peut y avoir, d'après les proportions des deux corps employés, dégagement de chaleur ou production de froid.

Ces résultats divers s'expliquent facilement; la fusion de la glace ne peut s'opérer sans l'absorption d'une certaine quantité de chaleur; la combinaison de l'acide et de l'eau provenant de la fusion dégage, au contraire, une certaine quantité de calorique; suivant donc que la première quantité sera plus petite ou plus grande que la seconde, il y aura production de chaleur ou de froid.

Si l'acide sulfurique à 66° est étendu d'eau, on ne peut pas juger de la quantité d'eau introduite par le pese-acide, car il n'y a pas ici simple mélange, mais véritable combinaison entre les corps. Des tables ont été dressées pour apprécier les quantités d'eau mélangées d'après les degrés marqués par l'aréomètre. Pour connaître la véritable richesse de l'acide sulfurique du

Digitized by Google

commerce, il faut chercher la quantité de base qu'il sature, son degré acidimétrique, 100 parties d'acide à 66, saturant exactement 173,55 de carbonate de soude pur et sec. C'est au degré acidimétrique qu'il faudrait l'acheter; mais ce mode n'est pas adopté, la constatation du degré aréométrique étant bien plus simple que celle du degré acidimétrique, et atteignant très bien généralement le but du commerce, car la fraude ne serait possible que par une falsification que rendrait illusoire le bas prix de l'acide, à défaut de la probité des fabricants qui, heureusement, est très rarement suspectée. L'utilité des tables est donc indispensable; nous allons donner la plus usitée :

Degrés de l'aréomètre de Baumé.	DENSITÉ de l'acide, l'eau étant = 1.	QUANTITÉS d'acide sulfurique hydraté ordinaire pour 100.	QUANTITÉS d'eau pour 100.	NOM de l'observateur
66	1,842	100	0	Vauquelin
60	1,725	84,22	15,78	» »
60	1,717	82,34	17,66	D'Arcet.
55	1,618	74,32	25,68	Vauquelin.
55	1,618	74,32	25,68	D'Arcet.
54	1,613	72,70	27,30	id.
53	1,586	71,17	28,83	id.
52	1,566	69,30	30,70	id.
51	1,550	68,30	31,70	id.
50	1,532	66,45	33,55	id.
50	1,524	66,45	33,55	Vauquelin.
49	1,515	64,37	35,63	D'Arcet.
48	1,500	62,80	37,20	id.
47	1,482	61,32	38,68	id.
46	1,466	59,85	40,15	id.
45	1,454	58,02	41,98	id.
45	1,466	58,02	41,98	Vauquelin
40	1,375	50,41	49,59	id.
35	1,315	43,21	66,79	id.
30	1,260	36,52	63,48	id.
25	1,210	30,12	69,88	id.
20	1,162	24,01	75,99	id.
15	1,114	17,39	82,61	id.
10	1,076	11,73	88,27	id.
6	1,023	6,60	93.40	id.

L'acide sulfurique ordinaire, c'est-à-dire l'acide hydraté, peut se combiner avec diverses quantités d'eau. A mesure que la densité diminue, son point d'ébullition s'abaisse de même successivement. Par l'ébullition de l'acide hydraté étendu d'eau, de l'eau se dégage, et l'acide reste jusqu'à ce qu'il soit arrivé au point de 310°.

La table ci-après montre les divers points d'ébullition de l'acide ordinaire étendu d'eau.

L'acide hydraté peut également dissoudre l'acide anhydre, et alors sa densité augmente et son point d'ébullition s'abaisse rapidement; mais sa densité n'arrive jamais à 1,97, et son point d'ébullition ne descend pas non plus à 25° C.

3° *De l'acide de Nordhausen.* Il existe une variété d'acide sulfurique connu sous le nom d'acide sulfurique *fumant* ou *glacial* de Nordhausen (du nom de la ville d'Allemagne où on le prépare). Il renferme de l'acide anhydre, de l'acide ordinaire et de l'acide sulfureux. Ses propriétés tiendraient le milieu entre celles des deux acides déjà étudiés, s'il ne contenait pas d'acide sulfureux; chauffé, il perd l'acide anhydre, l'acide sulfureux, et reste à l'état d'acide ordinaire. C'est à la volatilisation de l'acide anhydre qu'il contient qu'il faut attribuer les vapeurs blanches qu'il exhale. Cet acide est employé dans les arts spécialement pour dissoudre l'indigo, avec lequel on veut teindre la laine en bleu de Saxe.

DENSITÉ.	POINT d'ébullition.	DENSITÉ.	POINT d'ébullition.
1,852	327° centigr.	1,769	217° centigr.
1,849	318 —	1,759	212 —
1,848	310 —	1,744	204 —
1,847	301 —	1,730	198 —
1,845	293 —	1,715	194 —
1,842	284 —	1,699	190 —
1,838	277 —	1,684	186 —
1,833	268 —	1,670	182 —
1,827	260 —	1,650	177 —
1,819	253 —	1,520	143 —
1,810	255 —	1,408	127 —
1,804	240 —	1,30	116 —
1,791	230 —	1,20	107 —
1,780	224 —	1,10	103 —

Préparation de l'acide sulfurique. Nous commencerons par la préparation de l'acide ordinaire. Il y a bien loin du procédé suivi aujourd'hui à celui employé par les premiers chimistes qui ont observé l'acide sulfurique. Nous avons déjà vu qu'ils l'obtenaient en traitant par la chaleur le sulfate de fer; de là le nom d'*huile de vitriol*, et même de *vitriol*, nom usité encore quelquefois aujourd'hui. Plus tard, on s'aperçut que la combustion du soufre dans des cloches humides fournissait aussi cet acide, et on le prépara par ce nouveau procédé, en le désignant sous le nom d'*oleum sulphuris per campanam.* Lefèvre et Lemery imaginèrent de favoriser la combustion en ajoutant au soufre du nitrate de potasse, ils obtinrent un résultat bien plus avantageux; et longtemps on suivit cette indication, en opérant la combustion dans de grands ballons de verre humides. Enfin, on substitua les chambres de plomb à ces capacités de verre, et dès ce moment l'acide sulfurique put être fabriqué en assez grande quantité, et livré à assez bas prix pour rendre de grands services à tous les arts chimiques.

C'est encore aujourd'hui avec du soufre et du nitrate, ou du moins avec sa partie essentielle, l'acide nitrique, que se fabrique l'acide sulfurique ordinaire, et on peut dire que cette fabrication a été aussi perfectionnée que possible, et que la pratique a devancé la théorie, car c'est tout au plus si on est bien fixé sur les diverses réactions auxquelles donnent lieu les corps mis en présence. C'est Clement Désormes qui a mis sur la voie.

Si dans un ballon d'une certaine capacité, et dont les parois sont humides, on fait arriver par deux tubes adaptés au bouchon de l'acide sulfureux et du deutoxyde d'azote, ce dernier gaz, trouvant de l'air dans le ballon, passe à l'état d'acide hypo-nitrique, ainsi que l'indiquent les vapeurs rutilantes; au bout d'un certain temps, il se dépose sur les parois du ballon des cristaux blancs, formés, selon Clément, d'acide sulfurique, d'acide hypo-nitrique et d'eau. En faisant arriver de la vapeur d'eau dans le ballon, les cristaux se dissolvent, l'eau se charge d'acide sulfurique, et il se dégage du deutoxyde d'azote qui repasse à l'état d'acide hypo-nitrique pour recommencer avec l'acide sulfureux, qu'on introduit de nouveau, la réaction de tout à l'heure.

Plus tard, Berzélius a annoncé que les cristaux se composaient d'acide sulfurique, d'acide nitreux et d'eau, et on a vu qu'on pouvait très bien, en pratique, substituer l'acide nitrique à l'acide hypo-nitrique, et originairement au deutoxyde d'azote. Dans cette manière de raisonner, l'acide nitrique céderait à l'acide sulfureux une partie de son oxygène; de là de l'acide nitreux. L'intervention de l'eau venant séparer l'acide sulfuri-

Digitized by Google

que, l'acide nitreux mis en liberté, et ne pouvant exister à l'état d'isolement, se décompose instantanément en acide nitrique et en deutoxyde d'azote, qui au contact de l'air passe à l'état d'acide hypo-nitrique qui, sous l'influence de l'eau, redevient acide nitrique. L'acide sulfureux agit incessamment et exclusivement sur l'acide nitrique, constamment régénéré dans les diverses phases de l'opération.

La composition des cristaux que nous venons d'indiquer est loin d'être admise par tous les chimistes. M. Péligot prétend, lui, qu'il n'y a pas formation de cristaux. Il fait remarquer qu'en pratique les cristaux ne se forment jamais quand les chambres fonctionnent avec régularité ; ils ne sont qu'un accident de la fabrication, accident très rare aujourd'hui par suite des perfectionnements. Il propose la théorie suivante, qui lui semble expliquer d'une manière satisfaisante et simple tous les phénomènes qui se passent réellement dans la fabrication de l'acide sulfurique. Elle repose sur les faits suivants :

1° L'acide sulfureux décompose l'acide nitrique. Le premier se transforme en acide sulfurique et le second en acide hypo-nitrique ;

2° L'eau change ce dernier acide en acide nitrique et en acide nitreux ;

3° L'acide nitreux, sous l'influence d'une quantité d'eau d'autant plus grande, devient à son tour de l'acide nitrique et du bi-oxyde d'azote ;

4° Ce bi oxyde d'azote, en contact avec l'air atmosphérique, reprodnit de l'acide hypo-nitrique, que l'eau transforme en acides nitreux et nitrique.

Ces réactions excluent l'intervention d'aucun composé cristallin ; elles sont nettement représentées par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} &Az\,O^5, Aq\,(1) + S\,O^2 = S\,O^3, Aq + Az\,O^4 \\ &2\,Az\,O^4 + Aq = Az\,O^3 + Az\,O^5, Aq \\ &3\,Az\,O^3 + Aq = 2\,Az\,O^2 + Az\,O^5, Aq \\ &Az\,O^2 + 2\,O = Az\,O^4 + \text{etc.} \end{aligned}$$

M. Baudrimont n'admet pas que l'acide hypo-nitrique soit un produit nécessaire de l'action de l'acide sulfureux en excès sur l'acide nitrique. Il dit que, si les cristaux ne se forment pas dans les chambres de plomb, comme on l'a reconnu généralement, le composé des cristaux peut exister un instant à l'état moléculaire, les molécules étant détruites avant d'avoir pu s'aggréger ; alors ce n'est plus simplement l'acide sulfureux qui enlève de l'oxygène à l'acide nitrique pour devenir de l'acide sulfurique, ce sont leurs éléments qui s'unissent d'abord et produisent un composé qui se détruit par la présence de l'eau et donne naissance à de l'acide sulfurique et à de l'acide nitreux. Cette explication de la formation de l'acide sulfurique conduit même directement à faire admettre que les cristaux ont la composition trouvée par M. Laprovostaye, à cela près qu'ils ne sont pas anhydres.

En effet $Az\,O^5 + H^2O + 2SO^2 = 2SO^3\,Az\,O^3\,H^2O$ ou plutôt $= \left\{\begin{matrix} SO^4H^2 \\ SO^4\,Az\,O^2 \end{matrix}\right.$ c'est ce composé qui sous l'influence de l'eau produit de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux.

$$\left.\begin{matrix} SO^4H^2 \\ SO^4\,Az\,O^2 \end{matrix}\right\} + Aq = 2SO^3\,H^2O + Az\,O^3 + Aq$$

Tout récemment M. Barreswil est venu formuler une nouvelle opinion sur la théorie de la préparation de l'acide sulfurique. Il y a été conduit par suite de la découverte d'un nouvel acide d'azote auquel il donne le nom d'acide pernitreux. Cet acide correspond à l'acide hypermanganique.

En partant des faits signalés par l'auteur, on peut établir les propositions suivantes qui sont d'une importance incontestable dans la théorie de la préparation de l'acide sulfurique :

1° Le bioxyde d'azote et l'acide sulfureux, au contact de l'air, s'unissent pour former le composé SO^3, AzO^2, combinaison de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux.

2° Ce composé très instable se décompose dans l'eau, suivant les proportions du véhicule, soit en acide hypo-nitrique et en deutoxyde d'azote, soit en acide nitrique et en deutoxyde d'azote, ou bien en acide pernitreux et en deutoxyde d'azote.

3° L'acide hypo-nitrique avec l'acide sulfureux régénère la combinaison de l'acide sulfurique et de l'acide nitreux, et par conséquent le bioxyde d'azote.

4° L'acide nitrique forme, avec le bioxyde d'azote l'acide pernitreux qui, avec l'acide sulfureux, produit finalement du deutoxyde d'azote et de l'acide sulfurique.

Ainsi l'absorption de l'oxygène par l'acide sulfureux dépend non d'une oxydation directe, mais d'une part de la formation et de la décomposition successive d'un composé $SO^3\,AzO^3$, d'autre part de la réaction du bioxyde sur l'air et de celle de ce gaz et de l'acide nitreux sur l'acide nitrique.

En partant de ces faits, M. Barreswil croit pouvoir non pas remplacer mais résumer les trois principales théories qui ont été émises sur la fabrication de l'acide sulfurique ; avec les partisans de la première il admet la formation d'un composé instable ; seulement, comme M. Baudrimont, il ne croit pas nécessaire que ce composé existe à l'état cristallin ; il peut tout aussi bien être en dissolution dans l'acide sulfurique qu'on introduit à dessein dans la fabrication, ou exister éphémèrement en suspension dans l'atmosphère des chambres. Il admet avec M. Berzélius la nécessité de la formation d'un corps très oxydant, seulement il croit que ce composé est l'acide hypo-nitrique et ne peut être l'acide nitreux. Enfin avec M. Péligot il convient que la formation d'acide nitrique est un résultat nécessaire, mais il conteste que cet acide soit directement attaqué par l'acide sulfureux, et croit qu'il n'est réduit que parce qu'il est préalablement décomposé par le deutoxyde d'azote, avec lequel il forme soit l'acide pernitreux, soit l'acide nitreux, qui sont les seuls oxydants.

Quelle que soit la manière de voir qu'on adopte, le résultat est toujours le même et la théorie de la préparation s'explique très bien aujourd'hui. Seulement nous croyons devoir faire une observation.

Il semblerait possible, d'après la théorie, qu'une certaine quantité d'acide nitrique pourrait agir indéfiniment sur l'acide sulfureux sans être renouvelée ; mais il n'en est pas ainsi : l'air qui a servi à la combustion du soufre contient toujours beaucoup d'azote qui ne joue aucun rôle dans les diverses réactions, azote qu'on est obligé d'expulser et qui entraîne une grande quantité de vapeurs rutilantes ; il paraît même qu'une fois les gaz *nitreux* arrivés à l'état de bioxyde d'azote, il en est une portion qui passe à l'état de protoxyde, gaz tout à fait inerte.

Aussi il est important d'employer les gaz nitreux à l'état le plus avancé d'oxydation afin qu'ils arrivent le plus tard possible à l'état de bioxyde d'azote ; on a essayé d'introduire directement le bioxyde d'azote dans les chambres, comme la théorie semblait le permettre ; mais on a obtenu un rendement bien inférieur à celui qu'on obtient en employant l'acide nitrique.

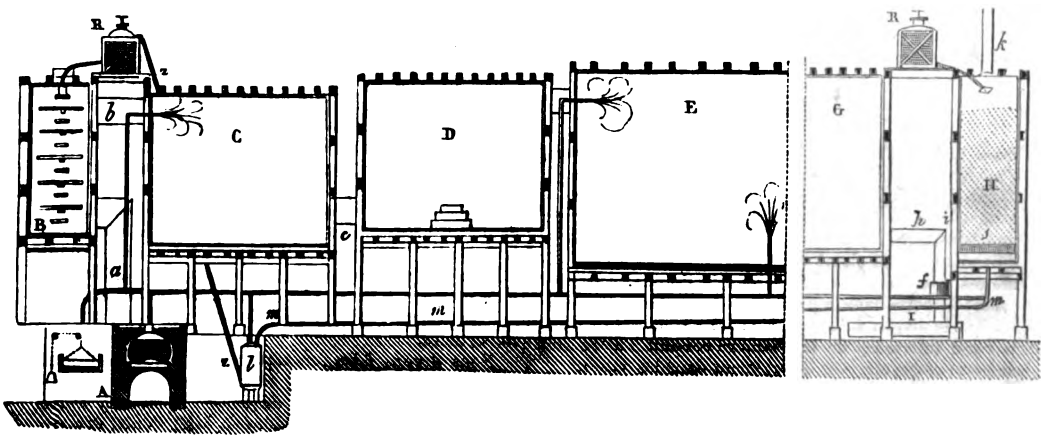
L'appareil que l'on emploie généralement aujourd'hui pour préparer l'acide sulfurique se compose de plusieurs chambres en plomb rectangulaires placées l'une à la suite de l'autre, avec les accessoires, comme le four à soufre, les chaudières à vapeur, etc. Nous allons d'ailleurs donner un détail sommaire de cet appareil à l'aide d'un dessin.

La fig. 2392 est la coupe générale.

(1) Aq indique une quantité d'eau indéterminée.

Digitized by Google

En A se trouvent les fours à brûler le soufre, dont la fig. 2394 représente une coupe transversale, dans la disposition adoptée pour l'utilisation de la chaleur, provenant de la combustion du soufre, à la préparation de la vapeur d'eau nécessaire à la réaction. Alors on emploie deux fours accolés. Dans la fig. 2392 l'un de ces fours est vu de face ; l'autre est vu en coupe. Leur cheminée commune *a*, conduit l'acide sulfurique dans un petit tambour de plomb B, à la partie supérieure duquel arrive de l'acide sulfurique, qui s'écoule d'une manière continue en sortant du vase R (vase de Mariotte, dont nous dirons quelques mots tout à l'heure). Ce vase R est alimenté par un vase *l*, recevant de l'acide riche en gaz nitreux. Ce vase *l* a la disposition d'un monte-jus, c'est-à-dire que la vapeur, par la pression qu'elle exerce à la surface du vase, chasse l'acide par le tube *z*, *z*. Cet acide arrive dans le vase *l* par le tuyau *m m m*, et



2392.

provient d'un appareil H dont nous parlerons plus tard.

L'acide sulfureux sortant du four par la cheminée *a*, se trouve donc en contact dans le vase B avec de l'acide sulfurique, auquel il enlève des vapeurs nitreuses, vapeurs qui vont servir à l'alimentation de l'acide sulfurique. La cheminée *a* doit être haute d'au moins 7 mètres, pour donner au gaz sulfureux une force ascensionnelle assez grande pour vaincre la résistance d'un long parcours. Après avoir parcouru le vase B dans toute sa hauteur, l'acide sulfureux sort par le tuyau *b*, qui est de fonte, pour se rendre, avec l'air qui n'a pas servi à la combustion du soufre, dans une première chambre ou tambour C, d'une capacité de 90 à 100 mètres cubes. Dans plusieurs usines, l'acide sulfureux arrive directement dans cette première chambre C sans passer par l'appareil B. Ce premier tambour C est assez souvent appelé dénitrificateur ; nous verrons tout à l'heure pourquoi. Un tuyau partant des chaudières lance de la vapeur dans la partie supérieure du tuyau de fonte précisément à l'endroit où il débouche dans le tambour C, pour que l'acide sulfureux se trouve dès son entrée dans les conditions nécessaires à la réaction. Les gaz se rendent ensuite au moyen du tube *c* dans le second tambour ayant les mêmes dimensions que le premier. C'est dans cette deuxième chambre que se trouve l'acide nitrique nécessaire à la production de l'acide sulfurique. Une série de vases de grès ou capsules est placée en manière de cascade, se déversant l'une dans l'autre et présentant une large surface de contact à l'acide sulfureux et à l'air qui arrivent incessamment dans le deuxième tambour. Ces vases de grès sont alimentés d'acide nitrique au moyen d'un tuyau ou siphon pénétrant dans la chambre et communiquant extérieurement avec un vase contenant de l'acide nitrique, de manière à en faire arriver dans la chambre une quantité plus ou moins grande suivant la convenance. Cette série de vases peut être remplacée par une pièce en grès représentant un petit château d'eau.

L'acide sulfurique produit dans ce deuxième tambour se rend dans le premier au moyen d'un petit tuyau non indiqué dans la figure, pour que là, sous l'influence d'un grand excès d'acide sulfureux, les composés nitreux en dissolution soient volatilisés et servent aussi à la formation d'acide sulfurique. De là le nom de dénitrificateur donné au premier tambour qui, lui, envoie, ainsi que les autres petites chambres G et F (voir figure 2396) son acide dans la chambre principale E où se passent la plupart des phénomènes de la formation de l'acide sulfurique. Cette chambre reçoit les gaz du second tambour D par le tuyau *d*, et communique au moyen du tuyau *e* avec le premier tambour en queue F ; les gaz circulent dans une caisse en plomb (non représentée dans la figure), à chicanes verticales, faisant fonction de condenseur, d'où ils se rendent dans le dernier tambour en queue G. Ces deux dernières petites chambres, où se terminent les réactions, servent à utiliser les gaz non combinés et à condenser les dernières parties de l'acide sulfurique. Certains fabricants ont même adopté dernièrement trois chambres de queue.

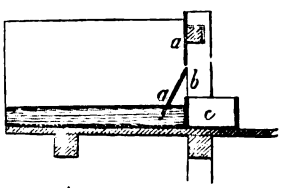
En sortant du dernier tambour G, les gaz circulent encore dans un réfrigérant I qui condense les dernières traces d'acide sulfurique, et ils se rendent enfin dans un appareil H destiné à retenir et à absorber le plus possible de vapeurs nitreuses.

Cet appareil, de l'invention de M. Gay-Lussac, se compose, comme l'indique la figure, d'un cylindre ou tambour en plomb contenant des fragments de coke retenus par un diaphragme *s* (fig. 2392) ; sur ce coke tombe en filet constant de l'acide poussé jusqu'à environ 60° de concentration parce qu'il est alors plus propre à absorber les vapeurs nitreuses ; cet acide est fourni par le réservoir de Mariotte R' qui l'amène dans un vase oscillatoire à double poche, dont chaque poche bascule, tandis que l'autre se remplit. De cette manière l'acide se répartit plus uniformément sur le coke et se trouve dans une condition plus favorable pour la condensation des gaz nitreux. C'est à cet acide sulfurique que l'acide sulfureux enlève les gaz nitreux en le rencontrant dans l'appareil B de tout à l'heure.

Digitized by Google

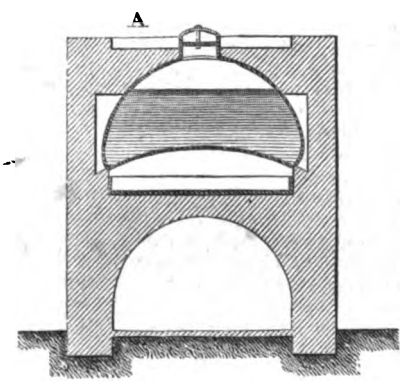
La fig. 2392 indique suffisamment que l'on peut lancer dans toutes les chambres de la vapeur au moyen de tuyaux, et fournir ainsi l'eau si nécessaire à la formation de l'acide sulfurique. Ces jets de vapeur ont encore l'avantage de faire tourbillonner les gaz, de renouveler les surfaces et de rendre les réactions plus faciles.

L'acide sulfurique se rend en définitive, nous l'avons déjà dit, dans la chambre principale où on le prend pour le concentrer. Il faut donc de temps en temps prendre le niveau de l'acide dans la grande chambre; c'est pour cela que jadis la fermeture inférieure de cette chambre était entièrement hydraulique. Aujourd'hui on adopte la disposition représentée dans la fig. 2393.



2393.

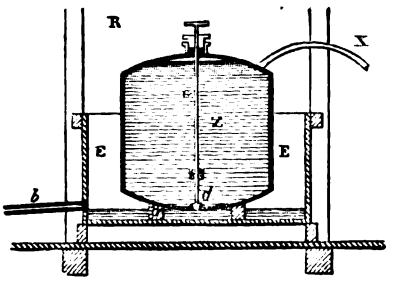
Dans la partie la plus basse de la chambre de plomb, dont le plancher est évidemment en pente, la lame de plomb *a a* faisant le prolongement de la paroi est déviée et se trouve disposée en soufflet, de manière à former une fermeture hydraulique. Par l'ouverture *b* on introduit une lame de plomb divisée en centimètres et millimètres pour mesurer la hauteur du liquide. *c* est une espèce de boîte dans laquelle on remet la lame de plomb lorsque le niveau a été pris. Un tube à siphon traversant la paroi inférieure de la chambre conduit l'acide soit dans un réservoir, soit directement dans les vases.



2394.

La fig. 2394 représente sur une plus grande échelle la coupe d'un four à soufre avec le générateur qu'il chauffe.

La fig. 2395 donne le détail du vase de Mariotte employé pour obtenir l'écoulement constant d'acide sulfurique; ce vase présente pour sa disposition de l'analogie avec le réservoir à huile des lampes à niveau constant. Il se compose essentiellement d'une capacité Z en plomb ou en cuivre ou tôle plombée, reposant sur deux supports garnis de plomb *a a*. La paroi inférieure est percée d'une ouverture que ferme une petite soupape conique *d*, dont la tige *c c* passe à frottement doux dans un *stuffing-box*, de manière que ladite soupape peut se soulever très facilement; on voit dès lors que la soupape, en même temps qu'elle laissera échapper de l'acide, donnera passage à des bulles d'air qui neutraliseront la pression de la colonne liquide, et le niveau constant sera celui du vase E E, de sorte que le tuyau *b* donnera lieu à un écoulement constant.



2395.

On alimente le vase Z directement par un tuyau X, ou bien on fait arriver le liquide dans un réservoir supérieur, duquel on fait passer dans Z par un tuyau muni d'un robinet.

M. Gay-Lussac a annoncé que l'absorption des gaz nitreux avec la dénitrification de l'acide sulfurique produisait une économie très sensible d'acide nitrique, et qu'on arrivait à ne plus employer que 3 kilogr. de nitrate, soit à peu près 4 kilogr. d'acide nitrique pour 100 de soufre, tandis qu'ordinairement la quantité d'acide est de 8 à 10 p. 100 environ. Cette économie, si on parvient bien à la réaliser dans la pratique, est très importante.

Nous devons faire remarquer que l'acide sulfurique qu'on extrait de la grande chambre, et qui marque de 50 à 53° doit être aussi dénitrifié, et nous pouvons dire que, depuis plusieurs années, MM. Poisat et compagnie, de la Folie-Nanterre, qui ont eu longtemps pour associés MM. Holker et d'Arcet, lesquels ont apporté de notables perfectionnements dans la fabrication de l'acide sulfurique, dénitrifient leur acide sulfurique des chambres en le soumettant à un courant d'acide sulfureux aspiré directement dans le four à soufre, de sorte que l'acide sulfurique contient toujours de l'acide sulfureux dont l'odeur se fait fortement sentir aussitôt qu'on débouche une bouteille. Il y a par le fait avantage pour la qualité de l'acide et économie.

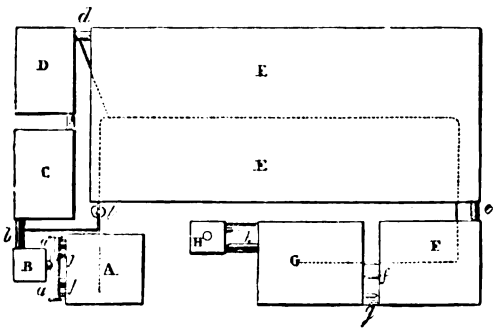
Ainsi, aujourd'hui il n'est plus possible, avec la moindre bonne volonté, à un fabricant d'acide sulfurique, de vendre de l'acide contenant des gaz nitreux condensés, sans avoir recours d'ailleurs au moyen très simple indiqué en 1841 par M. Pelouze. Ce moyen consiste dans l'emploi du sulfate d'ammoniaque qu'on ajoute en très faible quantité à l'acide sulfurique nitreux; sous l'action de la chaleur les produits azotés sont décomposés, il se dégage de l'azote et il reste de l'eau et un peu d'acide sulfurique qui s'ajoute à celui que l'on purifie. Ce moyen peut d'ailleurs être employé comme un supplément de précautions dans la concentration de l'acide destiné à la dissolution de l'indigo et à l'épuration des huiles.

M. Desbassyns de Richemont a indiqué d'ailleurs un procédé qui permet de reconnaître des traces de ces composés nitreux : il suffit pour cela de verser sur l'acide sulfurique quelques gouttes de sulfate de protoxyde de fer; ce dernier s'empare de l'oxygène de la combinaison d'azote, passe à un état d'oxydation plus avancée, et devient d'une couleur rouge très prononcée.

Revenons maintenant à quelques détails sur les chambres de plomb, détails nécessaires pour l'intelligence des dessins que nous avons donnés (fig. 2392).

Digitized by Google

La fig. 2396 représente en plan la disposition des chambres de plomb, que, dans la figure principale, nous avons pour plus de simplicité, supposées placées toutes à la file.

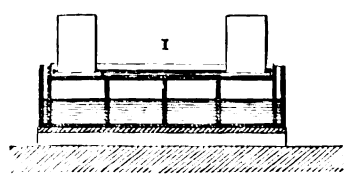


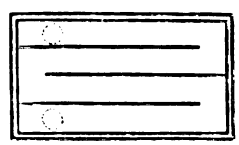
2396.

A, sont les fours à soufre et chaudières ; *a*,*a*, les cheminées de ces deux fours se réunissant en une seule se rendant dans l'appareil B, qui, par le conduit *b*, communique au premier tambour C. D, est le deuxième tambour ; E E, est la chambre principale qui par le conduit *e* envoie les gaz non condensés dans les deux petites chambres de queue F et G. *f* indique le tuyau qui entre dans le condenseur, et *g* le tuyau qui en sort. *h* est l'entrée et *i* la sortie du deuxième condenseur. En H est l'appareil Gay-Lussac pour l'absorption des gaz nitreux.

La fig. 2397 est une coupe en travers des condenseurs, et la fig. 2398 en est le plan ; l'inspection de ces coupes nous dispense de toute autre description.

2397.





2398.

Il est nécessaire maintenant de donner quelques chiffres sur la fabrication de l'acide sulfurique, produit assez important pour attirer toute notre attention.

La surface de la sole du four en briques où se produit l'acide sulfureux doit être calculée de telle manière qu'on puisse brûler au moins 66 kilogr. de soufre par 24 heures et par mètre carré. La quantité d'air que l'on doit laisser entrer dans le four est très importante, puisque non seulement il sert à brûler le soufre, mais encore il doit fournir la plus grande partie de l'oxygène nécessaire à transformer l'acide sulfureux en acide sulfurique ; il faut de 6 à 7 mètres cubes d'air par kilogr. de soufre brûlé ; on règle cette quantité au moyen du régulateur placé sur la cheminée.

Pour que l'appareil se trouve dans de bonnes conditions, il est convenable que le gaz de la première chambre renferme 12 p. 100 d'oxygène, et celui de la dernière 4 p. 100.

La quantité d'eau est également très importante à déterminer puisque d'elle dépend entièrement la réussite de l'opération. Si l'on en faisait arriver trop dans les chambres, l'acide sulfurique se produirait bien, mais il serait trop faible et exigerait dès lors trop de combustible pour sa concentration ; si on n'en introduisait pas assez, le rendement diminuerait considérablement et pourrait même tout à coup cesser.

On a reconnu qu'on obtenait les meilleurs résultats en lançant assez d'eau dans les chambres pour que l'acide qu'on tire de la chaudière principale marque de 50 à 53° à l'aréomètre. Or, cette quantité est très facilement calculable. Dans l'acide à 66° il existe 112 d'eau pour 613, c'est-à-dire un peu plus du 5me du poids de l'acide sulfurique ; or, 100 de soufre donnent maintenant au minimum 300 d'acide sulfurique à 66° qui contiendront à peu près 60 kilogr. d'eau. L'acide à 50° ne contient que les 2/3 de son poids d'acide à 66° ; il faut donc ajouter à ces 300 kilogr. d'acide à 66°, 150 kilogr. d'eau pour arriver à 50°. 150 kilogr. d'eau, plus 60 kilogr. existant dans l'acide à 66° donnent 210 kilogr. d'eau contenus dans les 450 kilogr. d'acide à 50°. En définitive pour 100 de soufre il faut au moins introduire dans les chambres 210 kilogr. d'eau. Le générateur doit donc être capable de fournir 300 kilogr. pour parer aux pertes.

On a aussi reconnu que pour être dans les meilleures conditions possibles il fallait brûler 100 kilogr. de soufre pour 100 mètres cubes de la capacité totale des chambres au maximum, et 66 kilogr. au minimum.

Maladies des chambres. La fabrication de l'acide sulfurique dans les chambres peut présenter des anomalies qu'il est bon de connaître afin de les éviter.

1° Si la température est trop élevée dans le four à soufre, ou que l'on n'introduise pas une quantité suffisante d'air, il se volatilise de la fleur de soufre qui se condense dans les chambres ; on produit donc moins d'acide, et, en outre, le soufre que l'on recueille plus tard dans le fond des chambres est imprégné d'acide sulfurique et doit être lavé pour servir de nouveau.

Si l'acide qu'on tire de la chambre principale contenait du soufre en suspension il serait essentiel de le laisser déposer, surtout s'il est destiné à la concentration, car par l'action de la chaleur du soufre, pour passer à l'état d'acide sulfureux, il prendrait tout l'oxygène nécessaire pour cette transformation à l'acide sulfurique qui passerait en partie lui-même à l'état d'acide sulfureux ;

2° S'il y a excès de sécheresse dans les chambres, les réactions ordinaires n'ont plus lieu, quelle que soit la quantité de soufre brûlé et d'acide nitrique employé ; le rendement peut alors diminuer énormément ;

3° Le défaut d'acide nitrique peut amener de graves perturbations dans la marche de l'appareil ; dans ce cas on perd une partie de l'acide sulfureux qui se dégage dans l'atmosphère.

Pour remédier à la trop haute température du four, M. Grouvelle, mettant à profit l'idée émise par Clément Desormes, a établi il y a plusieurs années, dans l'usine des Trois-Fontaines, près de Bruxelles, une espèce de quinquet à double courant pour la combustion du soufre. La sole du four est remplacée par des barres de fer parallèles (une espèce de grille) sur lesquelles on place des caisses de fonte liées l'une à l'autre, mais séparées cependant par un intervalle qui permet à l'acide d'ar

Digitized by Google

river dans le four; c'est dans ces caisses qu'on place le soufre. Lorsqu'elles sont chargées, on allume le soufre, on les fait entrer dans le four; le courant d'air s'établit par les intervalles des caisses, et la combustion se continue jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans les caisses que les matières terreuses qui se trouvent dans le soufre non distillé qu'on emploie. A cet instant on remplace ces caisses par d'autres chargées de soufre. La porte du four est alors nécessairement bouchée avec de la terre grasse.

Le procédé de soudure autogène imaginé par M. Desbassyns de Richemont, a rendu un grand service à la fabrication de l'acide sulfurique; les parois des chambres sont, pour ainsi dire, aujourd'hui d'une seule lame de plomb.

Nous avons toujours raisonné comme si on employait le soufre en nature pour la production de l'acide sulfureux, mais dans certaines localités on fait usage, avec profit, des sulfures métalliques ou pyrites de fer ou de cuivre, pour obtenir cet acide sulfureux. Cette substitution ne peut apporter de modifications qu'au four à soufre.

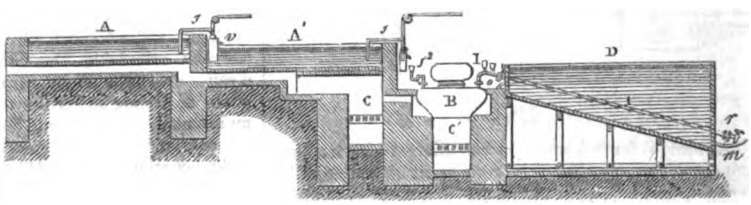
L'acide obtenu dans les chambres de plomb peut être employé dans certaines industries, telles que la fabrication du sulfate de fer, du sulfate d'ammoniaque, de l'acide nitrique, de l'acide stéarique, etc., sans qu'il soit besoin de concentration; il y a alors économie sensible, car il est proportionnellement moins cher que l'acide concentré, pourvu que les frais de transport ne viennent pas compenser la différence de prix; mais souvent aussi l'acide doit être concentré, c'est-à-dire privé de l'eau qu'il contient (nous ne parlons pas de l'eau de composition), et en même temps purifié de certaines matières étrangères. Ainsi pour la dissolution de l'indigo et l'affinage des métaux précieux on est obligé d'amener l'acide à 66°.

On commence cette opération dans des bassines en plomb, d'une large surface et d'une profondeur peu considérable, mais on ne peut la pousser que jusqu'à 60°, car au-delà la température d'ébullition pourrait très bien amener la fusion du plomb; on est donc obligé de terminer la concentration dans des cornues en verre ou des vases de platine. Les premières étaient seules employées autrefois; maintenant dans toutes les fabriques un peu considérables on fait usage des seconds, malgré leur grande valeur, ; la mise de fonds est plus grande, mais la concentration est plus économique que dans les cornues en verre (si ce n'est à Montpellier où le verre est à très bas prix).

Pendant la concentration, il se dégage l'acide sulfureux et les acides nitrique et hypo-nitrique qui peuvent être contenus dans l'acide sulfurique.

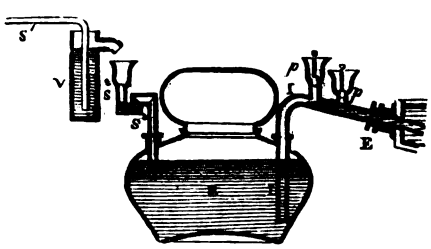
La fig. 2399 représente la coupe de tout l'appareil de concentration. A, A', sont les chaudières de plomb où l'acide monte jusqu'à 60° pour alimenter ensuite la cucurbite de platine B. Un syphon s, s, établit la communication entre les deux chaudières par l'intermédiaire d'un vase suspendu qu'on remonte ou descend au moyen de poulies de renvoi. Quand on le remonte, son niveau monte par rapport à celui de la chaudière A, et dès lors l'écoulement diminue; si on l'abaisse l'écoulement augmente et le liquide tombe plus abondamment dans la chaudière A' par le dégorgeoir du vase v. Il en est de même pour le syphon s', s', et le vase v' qui fournit de l'acide à la cucurbite B, ou plutôt au syphon s^2. Comme on le voit, l'alimentation peut, au moyen de cette disposition, être réglée suivant un certain débit et d'une manière continue; il faut alors que l'extraction de l'acide à 66° soit aussi continue. Cette extraction est obtenue par le syphon I, I dont on peut apprécier les détails par les fig. 2400 et 2401. Ce syphon est en platine : il a pour but et pour effet de soutirer l'acide concentré et de le refroidir avant de le laisser couler dans les tourilles.

La courte branche plonge dans le vase de platine par une tubulure *ad hoc*, la longue branche se subdivise bientôt en deux autres qui se réunissent vers l'extrémité du syphon garnie d'un robinet toujours en platine. Les deux branches sont plongées sous une certaine inclinaison dans un réfrigérant dont l'eau est sans cesse renouvelée. L'eau froide arrive par le tuyau m qui débouche au bas de la cuve, et l'eau chaude s'échappe par le dégorgeoir o placé à la partie supérieure opposée. La petite branche recourbée est munie de deux entonnoirs p, p', fermés à volonté par deux obturateurs ou soupapes à tige au moyen desquels on amorce facilement le syphon. Le tube du syphon a le même diamètre avant la bifurcation et après la réunion. E, est une boîte à filasse qui donne passage au tube du syphon pour entrer dans le réfrigérant D; pour la sortie même disposition.



2399.

2400.





2401.

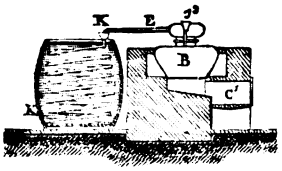
C'est à M. Bréant qu'on doit le syphon que nous décrivons. Le tube principal offre un passage double de celui des syphons ordinaires; la surface réfrigérante étant proportionnelle à son écartement, l'abaissement de température de l'acide doit être le même qu'avec les anciens syphons. M. Bréant a aussi indiqué la division du tube principal en quatre autres tubes, mais cette disposition n'est guère employée quand la marche est continue; elle présente de l'avantage quand l'opération n'est pas continue, car alors il est nécessaire de vider le plus rapidement possible la cucurbite pour passer à

Digitized by Google

une autre concentration, et la disposition Bréant permet de le faire quatre fois plus vite qu'avec un syphon ordinaire quand l'appareil est en marche continue.

Le robinet r du syphon est ouvert d'une quantité telle que la dépense soit en rapport avec l'arrivée dans la cucurbite.

La fig. 2402 est une coupe en travers de la cucurbite montrant le serpentin de plomb entouré d'eau dans lequel se rendent les vapeurs d'eau entraînant une certaine quantité d'acide et qui s'y condensent entièrement; cet acide très faible est introduit dans les chambres de plomb.



2402.

Lorsque l'appareil de concentration est continu, il n'est pas nécessaire de mettre d'armature à la cucurbite, non plus que de la faire poser sur des plaques en fonte; avec une marche continue, on doit veiller avec soin à l'appareil, car il n'y a alors que la hauteur du liquide dans la chaudière qui sépare l'acide à 66° de l'acide à 60°; une ébullition ralentie suffit pour diminuer le degré de l'acide concentré. L'acide sulfurique est bien réellement à 66° quand les vapeurs qui se dégagent marquent également 66°; rarement en pratique on arrive à ce terme.

La chaudière en platine pèse, en moyenne, 52 kilogr., elle peut concentrer 4000 kilogr. en 24 heures. Lorsque la concentration se fait avec intermittence il faut avoir grand soin de ne jamais syphonner entièrement dans l'acide, et d'en laisser toujours un tiers dans la chaudière. Si on ne prenait pas cette précaution, le platine serait exposé à de brusques changements de température par l'introduction de l'acide à 60°, et la solidité de la chaudière serait bientôt compromise.

Cette chaudière se conserve longtemps sans beaucoup de soudures à l'or, si on évite d'y introduire avec l'acide, un métal ou du chlore. Un grain de plomb suffit pour la percer; quant au chlore, sa présence d'acide sulfurique est due quelquefois à du chlorure de sodium contenu dans l'acide nitrique employé dans les chambres.

C'est pour remédier aux inconvénients que présentent les vases de platine tant pour le prix d'achat que pour les chances de réparation que M. Kuhlmann a proposé, il y a deux ans à peu près, d'opérer la concentration de l'acide dans des chaudières de plomb, en abaissant nécessairement la température d'ébullition au moyen du vide opéré incessamment dans la chaudière; avec cet artifice la température d'ébullition de l'acide à 66° est moins élevée que la température de fusion du plomb. Ce savant chimiste a concentré par ce procédé de l'acide dont un échantillon a figuré à l'exposition nationale de 1844; mais nous ne savons s'il a adopté ce procédé dans sa fabrique de Loos; si en un mot il l'a rendu manufacturier.

Le même M. Kuhlmann a fait, il y a une dizaine d'années, des recherches sur la formation et la fabrication de l'acide sulfurique par l'action de l'acide sulfureux sur l'oxygène de l'air, action favorisée par la force catalytique de l'éponge de platine portée au rouge, sur laquelle passait le mélange des deux gaz. La réaction est bien nette, bien positive, l'acide sulfurique se forme, et il est constant que l'acide sulfurique ainsi formé doit contenir très peu d'eau, qu'on pourrait ainsi arriver à obtenir de l'acide presque anhydre; malheureusement la force catalytique de l'éponge de platine ne tarde pas à s'émousser, et pour lui rendre sa première énergie il est indispensable de porter le platine à une température rouge. Aussi l'expérience vint bientôt prouver à M. Kuhlmann qu'il fallait renoncer à l'idée d'introduire cet ingénieux procédé dans les fabriques d'acide sulfurique, qui n'ont aujourd'hui, on peut le dire sans crainte, plus de grands perfectionnements à espérer, par suite des améliorations récentes qui ont été apportées dans cette industrie, améliorations que nous avons fait connaître ci-dessus. Les variations de prix qui se font sentir sur cet article sont dues principalement aux variations des prix des matières premières, soufre et nitrate de soude, et à un effet de la concurrence ou de l'entente qui peuvent s'établir entre les fabricants.

L'acide du commerce, celui obtenu par les procédés que nous venons d'indiquer, n'est pas pur; il contient toujours en dissolution quelques sels étrangers, du sulfate de plomb, et quelquefois du per-sulfate de fer (sulfate ferrique). Le soufre employé le plus souvent dans la fabrication n'a pas été distillé; il contient une certaine quantité de sulfure de fer que la combustion, dans la chambre de plomb, fait passer à l'état de sulfate. Comme ces sels sont très peu abondants, ils ne peuvent nuire ordinairement aux opérations industrielles. On a trouvé, de plus, que l'acide des chambres renferme toujours de l'arsenic à l'état d'acide arsénieux et d'acide arsénique, d'après les observations de M. Orfila.

On peut constater la présence et déterminer la quantité des sels étrangers, en évaporant 100 grammes d'acide sulfurique dans une capsule de platine, et il est considéré comme bon lorsqu'on n'obtient qu'un résidu de 5 millièmes.

Lorsqu'on veut, pour des recherches de laboratoire, se procurer de l'acide sulfurique pur, exempt de matières étrangères, on distille celui du commerce dans un appareil distillatoire en verre. On a soin de placer dans la cornue quelques fils de platine, pour éviter les soubresauts qui se produisent généralement dans l'ébullition d'un liquide que contient un vase de verre.

Il nous reste, pour compléter ce que nous avons à dire de l'acide sulfurique du commerce, de donner son prix de revient :

Compte de fabrication de l'acide sulfurique, pour une consommation de 1,600 kil. de soufre (1).

Soufre, 1.600 kil. à 16 fr. les 100 kil.	256 fr.	
Acide nitrique, 134 kil. à 45 fr. les 100 kil.	60	30
Houille, 20 hectol. à 2 fr. 50 c.	50	
Main-d'œuvre, direction, loyer, intérêts.	136	
Réparations.	35	
Frais de concentration.	45	
Transports, escomptes.	82	
Emballages.	107	
	771 fr.	30

Production, 4.800 kil. à 66° :

$$4.800 : 771 :: 100 : x = 16 \text{ fr.}$$

Nous pensons que ce chiffre de 16 fr. est trop fort dans l'état actuel des choses, et que pour les bons fabricants il doit être réduit de 2 fr. au moins. Ainsi, entre autres rectifications, signalons qu'au lieu de 134 kil. d'acide nitrique, on peut par le procédé Gay-Lussac réduire cette quantité à 64 kil.

Voici, toujours d'après M. Payen, le coût de la con-

(1) Ce compte a été donné par M. Payen dans son cours du Conservatoire; nous n'avons modifié que les prix du soufre, de l'acide nitrique et de la houille, en maintenant les quantités.

Digitized by Google

centration (de 52° à 66°) dans un vase en platine contenant 100 litres :

Main-d'œuvre.	18 fr.
Houille.	29 fr. au maximum.
Vase en en platine, intérêts, réparations, etc.	25
Chaudieres en plomb, intérêts, réparations, etc.	8
	80 fr.

Pour 1.000 kil. d'acide concentré :

$$1.000^k : 80 :: 100 : x = 2 \text{ fr.}$$

Préparation de l'acide sulfurique anhydre. Nous avons déjà vu, à propos de l'acide ordinaire, qu'on pourrait obtenir de l'acide anhydre en combinant l'acide sulfurique à l'oxygène, sous l'influence de l'éponge de platine. Il suffirait de refroidir convenablement les vapeurs produites pour les ramener à l'état solide ; mais ce procédé ne paraît pas devoir être manufacturier.

On peut obtenir l'acide anhydre en traitant par la chaleur de l'acide de Nordhausen dans une cornue garnie d'un récipient, dont on maintient la température au-dessous de 18 degrés. Les gouttes d'acide anhydre qui distillent se prennent en cristaux incolores ; l'acide sulfureux traverse le récipient sans être condensé. Si on veut obtenir cet acide en grande quantité, voici le procédé qu'on peut suivre ; il est indiqué par Berzélius :

On mêle 3 parties de sulfate de soude, récemment rougi au feu et par conséquent anhydre, avec 2 parties d'acide sulfurique ordinaire à 66°, et on chauffe peu à peu jusqu'au rouge naissant la matière, qui d'abord monte beaucoup, et puis s'affaisse ; on la coule en plaques que l'on brise et qu'on distille dans une bonne cornue de terre, et l'on conduit la vapeur dans un ballon refroidi avec de la glace.

On peut par ce procédé obtenir près de 1 kil. d'acide anhydre pour 2 kil. d'acide ordinaire employé ; le résidu, traité par une nouvelle quantité d'acide ordinaire, peut procurer indéfiniment de l'acide anhydre.

Nous croyons savoir que, depuis un peu plus d'un an, on fabrique à Auteuil de l'acide anhydre par un procédé dû à M. Laroque, préparateur à l'École de pharmacie ; mais le procédé est tenu secret.

Il n'est pas douteux que les arts consommeraient une quantité très grande d'acide anhydre, s'il était livré dans le commerce à un prix raisonnable.

Préparation de l'acide fumant ou de Nordhausen. Voici la théorie de la préparation de cet acide, du moins dans les errements suivis jusqu'à ce jour. Si on calcine un sulfate décomposable par la chaleur, voici ce qui arrive : d'abord l'eau que ce sulfate contient se sépare du sel, à une température peu élevée, en presque totalité ; ensuite l'acide sulfurique se dégage, et on obtiendrait ainsi de l'acide anhydre sans la petite quantité d'eau qui reste unie au sulfate. Comme l'acide sulfurique commence à se décomposer à peu près à la température de décomposition des sulfates, il s'ensuit qu'une bonne portion de l'acide sulfurique mis en liberté se transforme en oxygène et en acide sulfureux ; et rappelons ici que l'acide sulfureux est absorbable par l'acide sulfurique. Ainsi donc, en calcinant un sulfate on obtient un mélange d'acide sulfurique anhydre, d'acide ordinaire et d'acide sulfureux en des quantités variables.

Cela posé, le sulfate à calciner doit nécessairement être à bas prix. Si donc on voulait fabriquer cet acide en France, on emploierait le sulfate de fer du commerce de qualité inférieure, ou bien le mélange de sulfates de fer et d'alumine, connu sous le nom de *magma* dans les départements de l'Aisne et de l'Oise ; mais, jusqu'à présent, c'est spécialement sur le sulfate de fer qu'on a essayé d'opérer. Si le sulfate de fer (sulfate de protoxyde) desséché est soumis à la calcination, on n'obtient d'abord qu'un dégagement d'acide sulfureux, dégagement assez abondant dû à la décomposition de la moitié de l'acide sulfurique, qui doit céder de son oxygène au protoxyde de fer pour le faire passer à l'état de peroxyde, et cette peroxydation doit précéder le dégagement d'acide sulfurique, car il y a formation d'un sous-sulfate de peroxyde ; de sorte qu'il serait beaucoup plus rationnel de transformer d'abord la couperose en sulfate de peroxyde, au moyen d'acide sulfurique et d'un peu d'acide azotique, et la théorie comme l'expérience prouvent qu'il y aurait avantage à opérer cette transformation. Il va sans dire que si on a comme résidu d'une fabrication du sulfate de peroxyde de fer, il y aura une immense économie à l'employer.

Tout l'acide connu sous le nom d'acide de Nordhausen se fabrique maintenant en Bohême, qui se trouve actuellement placée dans des circonstances de fabrication tellement favorables que des usines plus anciennes placées dans les autres parties de l'Allemagne ont dû renoncer à soutenir la concurrence.

On se sert pour cette fabrication d'argiles très chargées de pyrites, appartenant en général à la formation de l'argile plastique et supérieures aux couches de lignite. En lavant ces argiles, on en retire les pyrites, que l'on calcine en vases clos, dans des fourneaux à galère (voyez SOUFRE) pour en retirer une certaine quantité de soufre. Le résidu est de la pyrite magnétique que l'on expose en tas à l'air libre, pendant plusieurs années, en les arrosant et les lessivant de temps en temps ; le produit du lessivage est évaporé jusqu'à cristallisation dans des chaudières de plomb. On obtient ainsi du sulfate de protoxyde de fer (vitriol vert, couperose verte) qui est en général livré au commerce. Les eaux-mères qui restent après la séparation du sel cristallisé sont évaporées jusqu'à siccité ; elles laissent un résidu qui consiste essentiellement en sulfate de peroxyde de fer, et qui, après avoir été fortement desséché, est soumis à la distillation dans des cornues en terre. On place ces cornues les unes à côté des autres dans un four à galère, dans une position presque horizontale, très légèrement inclinée en avant. Le four contient deux cents cornues placées sur trois étages ; il est chauffé par trois foyers : chaque cornue est mise en communication par son col avec un récipient en terre qui repose en présentant une forte inclinaison, sur un banc de briques qui règne dans toute la longueur du four. On aura une idée de cet appareil en se reportant aux fig. 1757 et 1758, page 2615, qui représente le fourneau employé dans le duché des Deux-Ponts, pour le traitement des minerais de mercure. Les deux cents cornues, dans lesquelles on introduit le sulfate de fer, n'en renferment ensemble que 225 à 250 kilogr. ; on retire de 100 parties de sel desséché, 45 p. d'acide fumant à 76°. Quand l'opération est terminée, on enlève le peroxyde de fer qui reste dans les cornues. L'acide sulfurique fumant ainsi préparé renferme 10 à 11 p. d'eau ; il a pour densité 1,9 ; il est principalement employé pour opérer la dissolution de l'indigo, pour laquelle il ne faut que 3 ou 4 p. d'acide fumant, tandis qu'il en faut 7 à 8 d'acide ordinaire à 66°. Le seul moyen exact de déterminer la richesse d'un acide sulfurique fumant, est de déterminer la quantité de chlorure de barium qu'il peut décomposer ou mieux d'en faire l'essai acidimétrique au moyen d'une dissolution titrée de carbonate de soude. MALLET.

SUMAC. On donne le nom de sumac aux feuilles récoltées sèches et réduites en poudre plus ou moins grossière, de plusieurs espèces de plantes, la plupart exotiques, appartenant à la famille des térébinthacées. Le sumac est employé comme matière tinctoriale, soit comme matière tannante. On en importe annuellement en France environ 1100 kilogr., valant 400.000 francs.

SYPHON. Le syphon, instrument très employé pour

Digitized by Google

décanter les liquides, consiste en un tube recourbé presque à 180°, dont les deux branches sont d'inégales longueurs. Après l'avoir rempli de liquide, que l'on maintient en plaçant un doigt à chaque extrémité, on le renverse de manière à faire plonger la plus courte branche dans le liquide à décanter et à ce que l'extrémité de la branche la plus longue soit à un niveau plus bas que celle de l'autre branche ; la pression qui s'exerce sur chaque extrémité étant égale à la pression atmosphérique diminue de la hauteur du liquide renfermé dans la branche correspondante, cette pression sera plus considérable à l'extrémité de la branche la plus courte, et l'écoulement se fera d'une manière continue par l'extrémité de l'autre branche, avec une vitesse due à la différence de niveau entre la surface du liquide à décanter et l'extrémité de la branche la plus longue ; ou le niveau du liquide dans le récipient si cette dernière branche plonge dans un récipient. On adapte souvent la plus courte branche du syphon sur un flotteur, ce qui lui permet de suivre les mouvements du liquide à décanter. Lorsque les syphons ont des dimensions trop considérables pour les amorcer comme il vient d'être dit, ou lorsqu'ils sont fixes, on les remplit, après avoir bouché l'extrémité des branches, par une ouverture pratiquée à la partie supérieure du coude ; après avoir fermé cette ouverture, on débouche d'abord l'orifice de la plus courte branche, puis l'autre orifice. Enfin, dans le même cas, on amorce quelquefois le syphon au moyen d'une pompe à faire le vide communiquant avec le coude du syphon : il faut alors que les deux branches du syphon aient leurs extrémités plongées dans le liquide, qui s'élève par l'effet de la pression atmosphérique extérieure.

T

TABAC (*angl.* tobacco, *all.* Tabak). La fabrication du tabac n'est point libre en France, comme on le sait; elle ne présente pas par conséquent pour les industriels régnicoles un intérêt aussi positif que la plupart des autres fabrications; mais comme objet de curiosité générale, comme très peu connue en France, comme utile aux pays étrangers où elle est permise à tous, elle mérite qu'on s'y arrête particulièrement.

§ I. *Introduction du tabac en Europe.* On sait que le tabac et l'usage qu'on en fait ont été transportés du nouveau-monde dans l'ancien par les conquérants de l'Amérique. A peine ont-ils mis le pied sur le nouveau monde, que l'habitude de fumer le tabac, répandue universellement parmi les indigènes, frappe les hardis visiteurs. Lorsque Christophe Colomb aborda l'île qu'il nomma San-Salvador, il chargea deux hommes de son équipage d'explorer le pays. « Ceux-ci trouvèrent en chemin, dit-il dans son journal (1), un grand nombre de naturels, tant hommes que femmes, qui tenaient en main un tison composé d'herbes dont ils aspiraient le parfum. » Las-Cases nous apprend, dans son *Histoire générale des Indes*, que le tison signalé par Colomb « est une espèce de mousqueton bourré d'une feuille sèche que les Indiens appellent tabacos, et qu'ils allument par un bout, tandis qu'ils hument par l'autre extrémité, en aspirant entièrement sa fumée avec leur haleine. »

Ce ne fut qu'en 1518 que Cortez envoya des graines de cette plante à Charles-Quint. Quarante ans après, le président Nicot, ambassadeur de France en Portugal, ayant cultivé du tabac dans son jardin et lui ayant reconnu de nombreuses propriétés, en présenta à la reine Catherine de Médicis. Catherine de Médicis en devint enthousiaste, le mit en vogue et la mode s'en empara avec fureur. On supposait cette plante douée de toutes sortes de propriétés. Elle guérissait de tous les maux, de la migraine, des fluxions, de toutes les plaies, des morsures de chiens enragés, de la goutte, que sais-je encore? On disait que les Cannibales s'en servaient contre le poison dont étaient frottées leurs flèches, et que, s'en allant à la guerre, ils portaient dans un pied de cerf du poison, dans un autre du jus de l'herbe verte du tabac ou des feuilles sèches. Dès qu'ils en avaient appliqué sur une plaie, quelque grave que fût la blessure, ils étaient hors de danger. Aussi toutes sortes de noms lui sont donnés par la reconnaissance populaire : c'est *l'herbe à l'ambassadeur* ou *nicotiane*, *l'herbe à la reine*, *l'herbe médicée*, *l'herbe sainte* à cause de ses grandes vertus. Mais de tous les noms qui furent donnés à cette plante, il ne lui est resté que le nom de *tabac* à cause de l'île de Tabago où elle fut sans doute d'abord remarquée.

§ II. *Composition chimique.* Le tabac (*nicotiana tabacum* L.) appartient à la famille des solanées qui renferme tant de plantes vénéneuses. On compte un grand nombre d'espèces différentes de nicotianes, qui se distinguent les unes des autres par la forme et la grandeur de leurs feuilles, mais qui jouissent toutes des mêmes propriétés. La plante est annuelle et se compose d'une tige rameuse et cylindrique, haute de près de 2 mètres, ornée de feuilles très grandes et présentant, aux extrémités des rameaux, de grandes fleurs roses, vertes ou bleuâtres, selon les espèces. Le fruit est une capsule ovoïde, pointue, renfermant un très grand nombre de graines très petites, irrégulièrement arrondies.

Toutes les parties de la plante, et surtout les feuilles, présentent une odeur qui est loin d'être agréable et qui ne le devient, pour les personnes accoutumées à l'usage du tabac, qu'après la fermentation que subissent les feuilles dans la fabrication. Son odeur irritante a sans doute indiqué l'emploi de la plante qui fut d'abord essayée comme remède universel contre tous les maux. Cette plante renferme, en effet, plusieurs principes très actifs que la chimie a essayé de séparer. Ces principes sont loin d'être tous connus; le plus remarquable est la *nicotine*, que signala d'abord Vauquelin, mais dont la composition n'a été trouvée que depuis peu de temps par nos expériences et celles de quelques autres chimistes, MM. Ortigosa, Melsens, etc., qui n'en obtinrent qu'après nous à l'état de pureté en suivant le procédé de préparation que nous avons donné. C'est un poison qui tue avec une rapidité effrayante lorsqu'il est administré à très petites doses, mais très concentré, à un animal à jeun. Comme il n'entre qu'en très petites proportions dans le tabac, l'effet de ce poison est considérablement atténué dans les usages ordinaires de la plante; il n'agit plus que comme un narcotique peu redoutable, lorsque par l'habitude on s'est prémuni contre son influence. Parmi les autres principes, il faut citer encore l'acide malique et d'autres acides, ainsi qu'une matière azotée, qui jouent un grand rôle dans la fabrication du tabac manufacturé.

(1) « Hallaron los dos Christianos por el camino mucha gente que atraveseba a sus pueblos, mugeres y hombres con un tizon en la mano, yerbas para tomar sus sahumerios que acostumbraban. »

Digitized by Google

Enfin le tabac contient une quantité de cendres très considérable, variable suivant les différentes parties de la plante, moindre dans les racines, plus grande dans les tiges, dans les côtes, puis dans les feuilles, et enfin plus petite dans les graines. Cette quantité est en nombres ronds, pour chacune de ces parties de la plante, dans l'ordre où nous les avons nommées, de 7, 10, 22, 23 et 4 p. 100 de la matière desséchée à 100 degrés. Ces cendres renferment une proportion très forte de carbonate de potasse, au moins le tiers. Comme dans les manufactures de France on brûle les côtes, et que les employés de la culture brûlent aussi les tiges et les racines, il en résulte que journellement les cendres de tabac sont livrées au commerce, à cause de la potasse qu'elles contiennent.

§ III. *Hygiène.* Cela peut paraître étrange au premier abord, mais on est très peu fixé sur les modifications que l'usage du tabac introduit dans les fonctions animales. Toutefois, quand on réfléchit que les résultats de son action dépendent des dispositions constitutionnelles et des conditions hygiéniques des personnes qui en font usage et des diverses doses auxquelles on l'emploie, on ne s'étonne plus des variations innombrables que présentent les faits observés souvent sans beaucoup de soin, et des difficultés qu'on rencontre à les coordonner.

1° *Tabac pris comme médicament.* Quand on administre le tabac comme médicament, il engourdit les fonctions vitales par sa vertu narcotique; comme poison, il anéantit ces fonctions après les avoir violemment excitées. Nous ne dirons ici ni les guérisons extraordinaires qui lui ont été attribuées, ni les accidents qu'il a pu causer. Longtemps on s'est servi de lavements de fumée de tabac dans le cas d'asphyxie par immersion, pour rappeler à la vie des noyés dont les intestins avaient perdu presque toute leur impressionnabilité : celle-ci se réveillait sous l'influence d'une irritation dangereuse dans la plénitude de la vie, mais utile dans l'état d'engourdissement qui précède la mort.

Quant aux cas d'empoisonnement par le tabac, ils ne sont pas moins nombreux que ceux de guérison; ils ont seulement le malheureux avantage d'être bien prouvés, tandis que les derniers sont si peu démontrés qu'on a renoncé à se servir du tabac comme médicament. Santeuil mourut, comme on sait, pour avoir bu un verre de vin dans lequel, par une cruelle plaisanterie, on avait mis du tabac d'Espagne.

Quant aux accidents attribués à l'action d'une atmosphère chargée des émanations de tabac, il est probable qu'ils sont supposés, car les ouvriers des manufactures de tabac ne contractent aucune maladie particulière à leur travail, et s'il faut en croire quelques rapports de médecins attachés aux manufactures royales, ils paraissent même se trouver très bien de l'influence de ces émanations.

Cherchons maintenant à apprécier l'influence physiologique et morale que le tabac exerce dans les usages ordinaires. On sait qu'on prend du tabac en fumée par la bouche, en poudre par le nez, en feuille par la bouche.

2° *Tabac à fumer.* C'est sans doute comme moyen d'assainissement, et pour éloigner les insectes innombrables qui affligent les pays peu habités, que les sauvages du nouveau monde imaginèrent de bourrer des feuilles sèches de tabac dans des roseaux et d'en aspirer ensuite la fumée pour la répandre autour d'eux. C'est du moins une explication plausible d'un tel usage puisque les Lapons, par exemple, brûlent autour de leurs cases des espèces d'agaries dont la fumée écarte les insectes.

Si l'on explique facilement l'usage de la pipe parmi les sauvages de l'Amérique, il n'en est pas de même en Europe, car l'habitude de fumer ne s'acquiert qu'au prix d'un noviciat peu encourageant. La première fois qu'on fume, on est saisi de symptômes d'empoisonnement, vertiges, maux de tête, vomissements. Ces symptômes disparaissent peu à peu, lorsqu'on a le courage de recommencer. Dans tous les cas, une fois qu'on a vaincu la première répugnance (et l'invention des cigarettes est destinée à rendre cette victoire si facile, que les femmes se hasardent à fumer), l'habitude prend une telle force qu'on voit rarement un fumeur y renoncer. Elle procure un enivrement auquel on se livre avec plaisir et qui fait passer le temps dans l'oubli des ennuis qui assiègent tout homme, souvent dans l'oubli du devoir. Nous ne croyons pas aux empoisonnements immédiats par la fumée du tabac, et nous n'avons pas assez d'observations connues pour savoir si la santé des fumeurs est altérée par cet usage, et si la vie moyenne en est diminuée. Néanmoins le tabac est bien réellement un poison; il ne peut produire que du mal, mal auquel résistent les constitutions robustes des hommes mûrs, mais qui doit avoir une action réelle sur l'enfance. Une organisation faible qui n'a pas assez de vigueur pour lutter contre l'influence déteriorante d'une substance délétère, ne saurait se développer convenablement et prendre la force dont elle a besoin en s'usant au contact d'un poison. D'autre part cet usage n'étant pas naturel, détourne les besoins de leur voie directe, et, comme un besoin satisfait en appelle un autre, l'habitude de la pipe chez les enfants peut engendrer en eux une habitude plus malfaisante lorsqu'ils seront devenus hommes. Déjà, pour les fumeurs déterminés, il n'est pas de tabac assez fort. Qui sait donc si l'usage de l'opium ne viendra pas succéder à celui du tabac? Dans tous les cas, si l'usage de la fumée de tabac ne nuit pas immédiatement et toujours à la santé du corps, il nuit certainement à celle de l'intelligence, dont il endort les forces. Les peuples de l'Orient, autrefois si puissants, aujourd'hui si mortellement engourdis, doivent peut-être une partie de leur dégradation à ce vice que l'on met tant en honneur parmi nous. Le tabac facilite le penchant qu'ont tous les hommes à ne rien faire, en diminuant l'ennui et le remords que l'inaction complète ne manque jamais de faire naître. Il dissout les réunions de la famille, d'où les hommes s'échappent pour aller fumer. Voyez les tavernes où l'Allemand, le Flamand, l'Anglais, le Hollandais vivent sans causer, sans penser, heureux d'être plongés dans une fumée épaisse qui semble, avec la bière, leur procurer plus de jouissance que ne feraient les épanchements du coin du feu.

3° *Tabac à priser.* L'usage du tabac en poudre ne remonte pas moins haut que celui du tabac à fumer. On prise, soit pour le seul plaisir d'aspirer une matière odorante, soit aussi pour se procurer une excitation directe et souvent renouvelée. C'est un plaisir facile à se procurer, qui ne demande aucune préparation, qui n'exige aucune perte de temps et qui ne peut d'ailleurs causer sur l'économie animale une action aussi déteriorante que ferait la fumée de tabac. Cet usage autrefois général, pour ainsi dire aristocratique, car les cadeaux de tabatière étaient des présents royaux, ne s'étend guère aujourd'hui comparativement à celui du tabac à fumer. Il semble avoir atteint sa limite.

4° *Tabac à mâcher.* Si les personnes, qui font usage du tabac à mâcher, mâchaient réellement le tabac et avalaient la dissolution résultante, ce serait de tous les usages du tabac le plus pernicieux; mais la *chique* ne fait que séjourner entre les parois internes des joues et la face externe des dents inférieures, et elle n'a d'action que par l'effet de son séjour dans la bouche ou par une succion très faible. C'est une habitude réservée aux marins parce que l'usage de la pipe leur est interdit. Elle est prise aussi par les pauvres parce qu'elle est moins chère que celle de la pipe. Du reste, elle n'est

Digitized by Google

pas moins persistante que les deux autres habitudes.

§ IV. *Impôt sur le tabac en France.* La plupart des gouvernements européens ne tardèrent pas à mettre un impôt sur ce nouveau genre de consommation, dont le succès promit, dès son apparition, un revenu considérable; mais le gouvernement français comprit le premier quel parti le trésor pouvait en tirer. C'est Richelieu qui, en 1624, fit tarifer la consommation du tabac à 40 sous le 100 pesant. La levée de cet impôt resta placée dans les attributions de la ferme générale jusqu'en 1697. A cette époque, la ferme du tabac fut distraite de la ferme générale, et louée à un particulier moyennant 150.000 livres pour l'Etat, et une somme annuelle de 100.000 livres qui devait être payée à la ferme générale pour abonnement des droits d'entrée, de sortie et de circulation. Le prix du bail s'éleva jusqu'à 4 millions en 1718; le bail fut repris alors par la ferme générale, qui paya pour cette exploitation particulière un loyer toujours croissant, et qui fut porté à 32 millions en 1790. A cette époque, le prix du tabac était à peu près le même qu'aujourd'hui; c'est-à-dire que la ferme le vendait 3 livres 6 sous, et le débitant 4 livres tournois la livre. La quantité totale de tabac vendu s'élevait à 7 millions de kilogr., et la ferme faisait un bénéfice réel d'environ 6 millions de francs.

Sous le régime de la ferme, la culture était prohibée; sept manufactures, situées à Paris, Dieppe, Morlaix, Tonneins, Cette, le Havre, Toulouse et Valenciennes, fournissaient à tous les besoins de la France. Trois provinces, cependant, la Franche-Comté, la Flandre et l'Alsace, avaient le privilége de la liberté de la culture, de la fabrication et de la vente. Du reste, c'était par des lois d'une rigueur extrême que la ferme défendait ses droits dans toute la France; on ne se contentait pas de punir la fraude par l'amende et les galères; des tribunaux spéciaux appliquaient même la mort aux coupables du crime odieux d'avoir soustrait à l'impôt quelques livres de tabac.

On pense bien que l'Assemblée nationale ne laissa pas debout un régime aussi contraire aux idées libérales. Malgré l'opposition de l'abbé Maury, de Cazalès, de Barnave, de Mirabeau, elle décréta, le 24 février 1791 : « Qu'il serait libre à toute personne de cultiver, fabriquer et débiter du tabac dans le royaume; que l'importation du tabac étranger fabriqué, continuerait à être prohibée, et que le tabac étranger en feuilles pourrait être importé moyennant une taxe de 25 livres par quintal, réduite aux trois quarts pour les navires français qui importeraient directement du tabac d'Amérique. »

C'était donc un simple droit de douane que l'on substituait au régime antérieur, aussi le revenu que le trésor retirait du tabac se réduisit presque à rien. C'est en vain que l'on diminua d'abord les droits d'entrée (décret du 5 septembre 1792) pour les rétablir ensuite en l'an V; c'est en vain que l'on décréta en l'an VI que les droits sur les tabacs venant de l'étranger seraient augmentés de manière à donner un produit de 10 millions : ce n'était pas assez de décréter un revenu en principe; il fallait déterminer les moyens par lesquels on parviendrait à le percevoir, et d'ailleurs les besoins de l'État, toujours croissants, sollicitaient une prompte réforme dans l'administration chargée de la levée des impôts. Le 22 brumaire an VII on décréta un droit d'entrée de 30 francs par quintal sur les feuilles étrangères importées par les navires étrangers, et de 20 francs sur les tabacs importés par les navires français. On assujettissait en outre à une taxe de 4 décimes par kilogr., le tabac fabriqué en poudre et en carotte, et à une taxe de 24 centimes le tabac à fumer et en rôle. La culture du tabac restait complétement libre. On prenait de nombreuses précautions pour assurer le recouvrement de l'impôt, mais afin d'éviter les *formes vexatoires et contraires aux droits de citoyens*, on chargeait les administrations municipales de la surveillance de la fabrication et de la vente. Cette surveillance, était trop indulgente, car le revenu du trésor augmentait à peine; aussi la loi du 10 floréal an X transféra cette surveillance à la régie de l'enregistrement, en même temps qu'elle augmentait les droits de fabrication, les amendes et les précautions nécessaires pour assurer la perception. L'impôt restait encore au-dessous de 5 millions; aussi le 5 vendémiaire an XII intervient une loi qui décrète des licences et pour les fabricants et pour les débitants; le droit d'entrée s'élève successivement pour les tabacs importés par les navires étrangers, de 100 francs, où il était en l'an XII, à 200 fr. en 1806, à 440 fr. en 1810, et, pour les tabacs importés par les navires français, de 80 fr. à 180 et 396. Il est de plus créé un droit de vente pour le fabricant, et des vignettes dont le prix est fixé à 1 centime. La culture est grevée à son tour; les planteurs sont assujettis à des déclarations de culture, à des acquits à caution, à des visites perpetuelles des employés de la régie de l'enregistrement. A la faveur de toutes ces mesures, l'impôt s'accrut, mais en l'an XII il atteignit à peine 9 millions, en l'an XIII 12 millions, en l'an XIV 16 millions, et les années suivantes il resta au-dessous de cette limite extrême. Il fallait donc, pour tirer parti de ce genre de consommation, pour rendre au trésor ces 30 millions et plus qu'il rapportait autrefois, en finir avec les demi-mesures et avoir recours à un remède énergique. L'Empereur, peu habitué aux moyens-termes, ne recula devant aucune des conséquences du régime qu'il va établir.

Il s'exprime ainsi dans le préliminaire du décret du 29 décembre 1810 : « Les tabacs qui, de toutes les matières, sont la plus susceptible d'imposition, n'avaient pas échappé à nos regards. L'expérience nous a démontré tous les inconvénients des mesures qui ont été prises jusqu'à ce jour. Les fabricants étant peu nombreux, il était à prévoir que l'on serait obligé d'en réduire encore le nombre. Le prix du tabac fabriqué était aussi élevé qu'à l'époque de la ferme. La plus faible partie des produits entrait au trésor, le reste se partageait entre les fabricants. A tant d'abus se joignait celui que les agriculteurs étaient à leur merci.

« Après de mûres réflexions, nous avons jugé que toutes les considérations, même les intérêts de l'agriculture, veulent que la fabrication du tabac ait lieu par une régie au profit du trésor; que la culture sera suffisamment garantie et protégée lorsque nous imposerons à la régie l'obligation de ne fabriquer les tabacs qu'avec les produits de la culture du sol français; que la consommation restant ainsi la même, l'agriculture ne pourra recevoir aucun dommage de l'établissement de la régie, et qu'enfin sans augmenter les charges de nos peuples, nous acquerrons une branche de revenus qu'on évalue à près de 80 millions, ce qui permettra d'apporter une diminution de pareille somme au tarif des contributions personnelle et foncière. »

Ainsi, en suivant une marche timide, par des conquêtes successives sur les franchises accordées par l'Assemblée nationale, l'impôt des tabacs arrive enfin au régime actuellement en vigueur. Ce régime n'est accepté par la Restauration que comme mesure provisoire, et en 1819, les Chambres, saisies pour la première fois des questions qu'il soulève, le prorogent jusqu'au 1er janvier 1826. Par des prorogations successives, après des discussions très approfondies, après une enquête faite par la Chambre des députés, l'existence de ce régime, maintenu d'abord jusqu'en 1829, puis jusqu'en 1837 et 1842, est enfin assurée jusqu'en 1852. Il n'a subi depuis son établissement que des changements peu sérieux, car il a atteint le but qu'on se proposait; il donne un revenu de plus en plus considérable, et il va tantôt produire ces 80 millions annoncés par Napoléon,

Digitized by Google

C'est ce régime que nous nous proposons d'exposer en le prenant pour exemple d'une industrie où les mécomptes sont sagement évités, où les produits sont sûrement calculés d'après la consommation probable, où le gain de l'ouvrier n'est pas successivement diminué pour augmenter outre mesure les bénéfices du capitaliste, où l'on ménage les intérêts de tous pour faire les plus gros bénéfices sans mécontenter personne : organisation de travail que nous voudrions voir imiter par les industries privées. Ce régime a pour base la restriction de la culture, qui n'est permise qu'à certains départements moyennant des licences et sous la surveillance incessante des employés de l'administration; le monopole de la fabrication exclusivement réservé à l'administration et celui de la vente cédé à des débitants commissionnés.

§ V. *Législation étrangère relative au tabac.* Dans les États-Unis d'Amérique et dans quelques États de l'Europe, l'industrie du tabac est laissée à la libre concurrence, et ne diffère en rien des autres industries. Tout en restant facultative elle est réglementée par des lois particulières dans certains États de l'Europe; d'autres États ont mis cette industrie en ferme, et quelques-uns en ont fait un monopole qui est exploité par le gouvernement lui-même.

1° *Pays de régime libre.* Dans les États-Unis d'Amérique, l'industrie du tabac consiste surtout dans la culture, la vente et l'exportation de tabacs en feuilles qui s'expédient sur tous les points du globe. La fabrication porte sur 1 million 1/2 de kilogr. de tabac environ; ce tabac est destiné à la consommation intérieure ou à l'exportation dans quelques contrées de l'Amérique. Cette fabrication et la vente ne sont soumises à aucune espèce de contrôle. Mais comme il est dans l'intérêt des divers États de donner le plus de garanties possibles aux amateurs des diverses nations, et de faciliter la vente du tabac, qui est une des principales richesses du pays, les tabacs en feuilles destinés à être exportés, sont soumis, dans les magasins publics, à une inspection faite par des officiers jurés. Ces officiers dépouillent les *boucauts* afin de reconnaître si le tabac y est homogène, s'il est loyal et *marchand;* dans ce cas, ils en détachent des types qui servent à conclure la vente. Quand les tabacs sont reconnus non marchands, ils l'indiquent par le mot *refusé*. Ces derniers tabacs sont consommés dans le pays ou expédiés selon leur valeur évaluée à l'amiable.

L'exportation n'est soumise dans les États-Unis à aucun droit; elle est variable suivant les années dans des proportions assez considérables; elle s'est élevée, en 1840, à 144 millions de kilogr. environ. Sur cette quantité, la Virginie, les Carolines et la Géorgie ont expédié 67.000 boucauts, ou 45 millions de kilogr.; le Maryland, l'Ohio et la Colombie, 39.000 boucauts, ou 16 millions de kilogr.

Nous n'avons parlé que des tabacs exportés en feuilles. Les principales exportations de tabacs fabriqués consistent en tabacs à mâcher, dont il existe dans toute l'Amérique, et surtout dans la Virginie, renommée pour ce produit, de nombreuses fabriques.

Dans l'île de Cuba, il règne la plus entière liberté tant pour la liberté que pour la fabrication et la vente du tabac. Mais l'exportation d'ailleurs facultative, est soumise à un droit de sortie de 1 fr. 25 c. par millier de cigares.

Le nombre de fabriques de cigares qui s'élèvent à Cuba n'est pas connu; les produits de ces fabriques sont consommés dans le monde entier. L'exportation des cigares a été, en 1840, de 171 millions; les plus estimés viennent surtout de la Havane.

Porto-Ricco et la Terre-Ferme exportent aussi une assez grande quantité de tabac, mais la culture y est moindre aujourd'hui qu'autrefois. C'est de la Terre-Ferme que proviennent les tabacs de *Varinas*, dont on fait pour la pipe un grand usage en Hollande et en Allemagne.

Ainsi, en Amérique, le tabac est une source, non pas de revenu pour les gouvernements, mais de richesse pour l'agriculture et l'industrie particulière. On y cultive le tabac non pas seulement pour la consommation intérieure, mais principalement pour l'exporter dans le monde entier. On ne cherche pas à grever d'un impôt une plante qui est un des plus beaux produits du pays et une des principales branches de son commerce.

2° *Pays placés sous le régime simple de l'impôt.* L'Europe, malgré la transplantation générale du tabac qui y a été faite, ne saurait s'affranchir complétement du tribut qu'elle doit payer à l'Amérique pour ses tabacs, dont la supériorité est incontestable. On conçoit donc que les États de l'Europe n'ont pas le même intérêt que ceux d'Amérique à protéger ce genre de production, et on comprend qu'ils l'aient frappé d'un impôt particulier. Cependant dans un grand nombre d'États d'Europe l'industrie du tabac est laissée à la libre concurrence : Danemarck, Suede, Russie, Hollande, Belgique, la Suisse moins le Valais, et les États d'Allemagne qui forment maintenant le Zollverein. La fabrication et la vente des tabacs n'y sont gênées par aucun contrôle ni par aucunes restrictions spéciales; seulement la fabrication, la vente, la culture et l'importation des feuilles étrangères y sont soumises à des impôts plus ou moins élevés, comme sont tous les autres commerces, toutes les autres industries :

	Production.	Importation de tabac étranger.	Consommation individuelle
Danemarck (1840).	—	—	1k,030
Suède (1840).	—	—	0k,530
Russie (1840).	10.000.000k	2.000.000k	—
Belgique (1843).	2.196.609k	10.474.143k	2k,000
Hollande (1840).	2.500.000k	2 000.000k	1k,340
Zollverein (1842).	27.069.500k	14.200.500k	1k,380

Le régime auquel est soumise l'introduction du tabac est homogène dans tout le Zollverein qui réunit tous les États germaniques, à l'exception seulement des États autrichiens au midi, du Hanovre et des villes anséatiques au nord. Un droit d'entrée de 41 fr. 25 c. frappe le quintal de 100 kil. de tabacs en feuilles importées; un droit double frappe le tabac fabriqué ordinaire; les 100 kil. de cigares sont taxés à 112 fr. 50 c. Ce droit est très élevé, surtout en comparaison du bas prix du tabac. Aussi la culture de cette plante a-t-elle pris en Allemagne un développement considérable depuis l'établissement du Zollverein. Le Zollverein a reçu, en 1842, 6.583.811 fr. de droits d'entrée, c'est-à-dire que le tabac fournit 7 p. 100 du total des droits d'entrée de l'association allemande.

Dans les États du nord du Zollverein, la Saxe, la Hesse électorale, la Thuringe et la Prusse, on prélève en outre un impôt *de passage* de 5 fr. par 100 kil. pour le tabac qui provient des États du sud. Enfin, en Prusse, les terres plantées en tabac sont soumises à un impôt spécial proportionnel à leur étendue et à leur fécondité.

3° *Pays placés sous un régime restrictif.* L'Angleterre, tout en laissant à l'industrie privée la libre concurrence de la fabrication et de la vente du tabac, retire de l'impôt assis sur cette matière un énorme revenu. La culture du tabac y est absolument interdite; mais outre un droit d'importation très élevé, il y a des droits de licence, de fabrication et de débit, qui font monter le revenu total à 80 millions de fr. Ce revenu, à peu près égal à celui que le gouvernement français retire actuellement, est assis sur une consommation moins considérable d'un tiers que celle de France. Cette différence provient de ce que l'impôt qui pèse sur cette marchandise est beaucoup plus fort en Angleterre

Digitized by Google

qu'en France. Sans compter les droits de licence, de fabrication ou de vente qui ne sont qu'une très minime fraction de l'impôt total, puisqu'ils ne s'élèvent qu'à 1.200.000 fr., l'impôt monte en Angleterre à 8 fr. 12 c. par kilogramme, et il n'est en France, comme nous l'expliquerons plus loin, que de 4 fr. 74 c. Le droit que paye le tabac en Angleterre est donc le double de celui qu'il paye en France. Cependant, si l'Angleterre consommait autant que la France, c'est-à-dire 15 millions de kil., l'impôt ne rapporterait que 110 millions, tandis qu'avec une taxe double l'impôt s'élèverait en France à 150 millions. La législation française est donc plus profitable à l'État que la législation anglaise, elle n'est pas moins avantageuse au consommateur, car la taxe que le tabac supporte en élève les prix, par kilogramme :

	En Angleterre.	En France.
Pour le tabac à fumer, à 9fr,51 et 10fr,83		8 et 12 fr.
Pour la poudre. . . . à 9fr,54 et 14fr,93		8 et 12 fr.

Il est juste de dire qu'en France la régie paye assez convenablement ses ouvriers et ses employés, et ne cherche pas à réduire constamment ses salaires, comme feraient de simples fabricants, d'où il résulte qu'elle fabrique à un prix plus élevé qu'en Angleterre. Il faut ajouter aussi que les fabricants anglais introduisent dans leurs tabacs une quantité d'ingrédients étrangers, qui ne sont pas soumis aux droits, puisque la fabrication augmente de 25 p. 100 la quantité de matière première. En outre, le droit d'importation étant considérable, il se fait en Angleterre une contrebande très active. La consommation légale du royaume britannique n'était en 1842 que de 10 millions de kilogrammes de tabac ordinaire et de 86,000 kil. de cigares; on doit présumer que la consommation réelle a atteint un chiffre double, soit à cause de la contrebande, soit à cause de la sophistication. On a vu en effet la consommation individuelle légale diminuer avec l'augmentation de droit du tarif de 1841, ce qui prouve que cette augmentation de droit n'a été qu'une prime pour la fraude. Dans tous les cas le tabac est plus cher en Angleterre qu'en France, et ni le trésor ni les consommateurs n'ont intérêt, en France, à changer le système de l'impôt pour adopter le système suivi de l'autre côté du détroit.

4° *Régime de la mise en ferme.* Les États qui ont mis en ferme l'industrie du tabac sont : Portugal, Naples, Toscane, Pologne et Valais (Suisse), et enfin l'Espagne depuis le 1er mai 1844. En Toscane, Portugal et Espagne, la culture est absolument interdite; à Naples et en Pologne elle est restreinte; dans le Valais elle est interdite aux particuliers et permise à la ferme seulement. Quant à l'importation, la fabrication et la vente, elles sont absolument interdites, excepté à la ferme dont le prix du bail constitue la totalité de l'impôt; seulement en Portugal et dans le Valais il y a en outre un droit d'importation.

	Production. kilogr.	Importation. kilogr.	Produit de l'impôt.	Consommation individuelle
Portugal.	—	1.300.000	8.590.000f	—
Toscane.	—	400.000	1 400.000	0k,290
Naples.	500.000	330.000	4.500.000	—
Pologne.	1.200.000	400.000	1.200.000	0k,331
Valais.	24.000	—	6.800	—
Espagne.	—	—	40 000.000	—

5° *Régime du monopole.* Les États qui appartiennent en Europe au régime du monopole exercé par le gouvernement sont : Parme, États sardes, États romains, Autriche moins la Hongrie. Dans deux de ces États, Parme et les États sardes, la culture est interdite; elle n'est que restreinte dans les États romains et l'Autriche. L'impôt provient, comme en France, de l'excédant du prix de vente sur le prix de revient.

Il n'a pas dépendu de nous de rendre les détails qui précèdent plus complets, car il est bien difficile d'obtenir des renseignements sur l'état de toute industrie soit à l'étranger, soit même en France. Les comptes rendus publiés par le gouvernement sont d'une imperfection réellement extraordinaire. On peut en juger d'après les erreurs dont est remplie l'enquête faite sur le tabac en 1836, par la Chambre des députés, qui certes se trouvait en position d'exiger des renseignements exacts; nous nous en sommes d'abord rapporté aux chiffres publiés par la commission de la Chambre, mais nous avons bientôt reconnu qu'ils se contredisaient les uns les autres et qu'ils n'étaient d'accord sur aucun point avec l'état de l'industrie du tabac à l'étranger. Dans tous les cas, il résulte évidemment de tous les détails que nous avons donnés, quelque incomplets qu'ils soient d'ailleurs, que le meilleur moyen de prélever un impôt très considérable sur la consommation du tabac consiste à en faire une industrie exploitée par l'État lui-même. L'histoire rapide que nous avons faite des vicissitudes subies par cet impôt en France conduit à la même conclusion, car malgré tous les efforts faits pour concilier un revenu considérable avec un régime plus ou moins libre, ce revenu atteignait à peine 15 millions, et dès l'établissement du monopole par l'État sans aucune transition pour ainsi dire, il a tout à coup plus que doublé. Nous croyons aussi que, dans l'intérêt du trésor, le monopole du tabac exploité par l'État est bien préférable à la cession qui en serait faite à une compagnie. L'État absorbe non seulement l'impôt établi sur la marchandise, mais encore les bénéfices que feraient les industriels adjudicataires de la ferme. Cette industrie abandonnée par l'État, deviendrait, comme toutes celles qui exigent des capitaux considérables, la proie d'un petit nombre de spéculateurs, et le consommateur n'aurait certainement pas un produit meilleur et moins cher. Comme l'impôt du tabac est le plus juste de tous les impôts, et que l'État ne peut en retirer un revenu considérable qu'au moyen du monopole, nous soutenons ce monopole comme une exception très raisonnable. Cependant la raison de l'intérêt du trésor n'est pas complétement suffisante pour expliquer une telle mesure, car autrement l'État devrait se faire fabricant de sucre, par exemple, et couper court ainsi à toutes les difficultés qui lui sont suscitées par les deux industries rivales des colonies et des ports de mer d'une part, et des fabricants de sucre de betterave d'autre part. Il y a encore, selon moi, je le répète, une raison bien légitime à donner de la confiscation d'une industrie semblable par l'État : c'est la surveillance qu'il doit exercer sur la fabrication d'un produit nuisible, auquel la corruption de nos mœurs pourrait mélanger des produits plus nuisibles encore; ce sont les empêchements qu'il doit apporter à sa généralisation, ce sont les entraves qu'il met par un impôt à l'adoption générale d'une déplorable habitude.

§ VI. *De la culture du tabac en France.* La culture du tabac en France n'est autorisée que dans six départements; ce sont ceux où la culture était la plus considérable sous le régime de libre plantation : le Nord, le Pas-de-Calais, le Bas-Rhin, le Lot, le Lot-et Garonne et l'Ile-et-Vilaine. Dans ces départements, quelques arrondissements, et dans les arrondissements, quelques cantons seulement, sont appelés à jouir du privilége de planter du tabac, sous le contrôle incessant des employés de la Régie. Cependant ce n'est pas au terrain, mais bien au propriétaire du terrain, qu'est accordé ce privilége, de telle sorte que ce ne sont pas toujours les mêmes terrains qui sont plantés en tabac. Il arrive que beaucoup de propriétaires ou fermiers renoncent volontairement au privilége qui leur est accordé, soit à cause du régime arbitraire auquel ils sont soumis, soit pour des raisons personnelles, et le privilége change souvent de main.

Digitized by Google

Les autorisations de planter du tabac sont accordées par le préfet du département, qui d'ailleurs est chargé, par la loi du 28 avril 1816, de tous les arrêtés réglementaires concernant la culture. La Régie fixe chaque année la quantité de tabac dont elle a besoin pour son approvisionnement, et répartit cette quantité entre les divers départements producteurs. Pour faire cette répartition, on tient compte sans aucun doute des quantités que chacun d'eux est dans l'habitude de fournir; mais, comme tout dans le monopole du tabac est subordonné à l'intérêt de l'impôt, auquel on est toujours disposé à sacrifier la culture, on fait en sorte de demander l'approvisionnement aux cultures dont les produits conviennent le mieux aux besoins de la fabrication, et peuvent être obtenus aux prix relativement les plus modérés.

L'uniformité ne peut être établie entre les diverses contrées pour ce qui concerne les diverses méthodes de culture, car les différents sols ne sont pas partout également fertiles, les engrais ne sont pas partout également abondants et de même nature. L'espèce de tabac cultivée n'est pas non plus partout la même; sur certains points, la graine qu'on emploie donne des plants d'une très grande dimension; sur d'autres points, les plants prennent une croissance beaucoup moindre, et par conséquent ont besoin de moins de place. Enfin, certains départements produisent du bon tabac pour la poudre, et par conséquent doivent prendre une forte végétation : ce sont le Lot, le Nord, le Lot-et-Garonne, l'Ile-et-Vilaine. D'autres, comme le Pas-de-Calais et le Bas-Rhin, au contraire, produisent des tabacs légers, propres surtout à la fabrication du tabac à fumer, et par conséquent on doit s'abstenir d'amender les terres, et d'espacer beaucoup les plants. Ce sont ces considérations qui ont déterminé la Régie à permettre 40,000 pieds de tabac par hectare, et jusqu'à 15 feuilles par pied dans certains départements, tandis que dans d'autres départements on n'accorde que 10.000 pieds par hectare et 8 feuilles par pied. Dans tous les cas, la loi et les dispositions réglementaires prises en conséquence laissent au planteur la latitude d'un cinquième tant au-dessus qu'au-dessous du nombre de pieds portés dans son permis. Le service actuel de la culture est chargé d'assurer l'exécution des règlements qui sont arrêtés chaque année par les préfets en conseil de préfecture. Les agents de ce service sont ainsi appelés à vérifier si les semis, puis les plantations remplissent les conditions voulues par les permis, à rechercher les plantations non autorisées et à assurer leur destruction, à surveiller l'écimage, à compter les pieds, puis les feuilles de chaque pied, à constater les dégâts éprouvés par les plantations, pour que les cultivateurs puissent être déchargés de leurs obligations, à faire détruire après la récolte les tiges et les racines, à surveiller constamment les abus auxquels donne lieu le dépôt du tabac entre les mains des planteurs jusqu'au moment où il est remis dans les magasins de l'Etat, ou parti pour l'étranger, s'il doit être exporté. Enfin, ils assistent à la réception des tabacs par les experts commis à cet effet. Ce service est dirigé dans chaque département à culture de tabac, par un inspecteur chargé en même temps de la surveillance des magasins des feuilles; 185 agents suffisent d'ailleurs à tous les soins qu'il exige, sauf au moment des inventaires. On prend alors des employés auxiliaires pour exécuter les travaux extraordinaires qui se présentent.

La préparation du tabac par les planteurs exige, en moyenne, à peu près quinze mois de soins assidus. D'abord le tabac est élevé en plants, dont le semis se fait dans la première quinzaine de février; le tabac est ensuite repique, et la récolte se fait en août et en septembre. On procède ensuite à la dessiccation, et ce n'est que dans le mois de mai suivant que le tabac est livré a la Regie. Pour préparer les terres il ne faut pas moins de trois labours à la charrue, et après la plantation il faut labourer à la bêche, rapprocher la terre des pieds, sarcler les herbes parasites, abattre les feuilles inférieures, feuilles de terre, écimer les plants et abattre les rejets. On procède ensuite à la récolte, on porte le tabac au séchoir, on fait le triage des feuilles, on les met en manoques, c'est-à-dire en poignées plus ou moins fortes, selon l'usage du pays, et liées par la tête au moyen d'une feuille cordée; on livre enfin les manoques à la Régie.

Lorsque le planteur vient livrer ses tabacs aux magasins de l'État, il les présente à l'appréciation d'experts nommés par le préfet de chaque département où la culture du tabac est autorisée. Ces experts doivent être connaisseurs, n'avoir aucun intérêt dans la culture du tabac, et parmi eux doivent se trouver nécessairement le garde et le contrôleur de chacun des magasins où les tabacs sont livrés. La commission d'expertise divise les tabacs en trois classes, fait de plus une classe de tabacs non marchands qui sont achetés à des prix très réduits, et une classe de tabacs rejetés que l'on brûle. Les prix qui sont appliqués à chaque classe varient pour les divers départements et sont fixés par la Régie d'après la qualité relative des tabacs de divers crus, en prenant pour terme de comparaison les prix des tabacs d'Amérique de qualité correspondante.

La totalité des frais que le service de la culture exige ne s'est élevée en 1844 qu'à 284,622 fr., outre 95.000 fr. payés comme indemnités aux experts chargés du classement des tabacs livrés par les planteurs. Cette dernière dépense est effectuée au moyen d'une retenue de 1 centime par kilogr. sur ce qui revient aux planteurs, et elle ne coûte rien à l'État. Les frais de service de culture payés par l'État, ne sont, en conséquence, que de 2 fr. 38 c. par quintal de feuilles de tabac utilisées dans les manufactures.

Le tableau suivant rend compte de l'état actuel de la culture du tabac en France.

Tabacs indigènes de la récolte de 1843, *livrés en* 1844.

NOMS des départements.	Nombre des		Quantités		
	Planteurs.	Hectares.	Demandées à la culture.	Livrées et donnant lieu à paiement.	Exportées
			kil.	kil.	
Bas-Rhin. .	5635	2753	4000000	4660875	503759
Nord. . . .	2216	1181	3200000	2657306	53000
Ile-et Vil. .	922	461	950000	554759	»
Pas-de-Cal.	1911	574	970000	973554	113932
Lot.	6267	1651	4300000	4263907	»
Lot-et-Gar.	4169	2959	4900000	4659835	»
Totaux. .	21170	9579	12320000	14770235	680691

La culture du tabac est complétement à la merci de l'administration, et les planteurs sont soumis au régime le plus arbitraire qu'il soit possible d'imaginer. Dès qu'ils ont la permission de planter, ils sont sous la dépendance da la Régie, dont les employés veillent constamment sur les champs de tabac, et punissent d'amendes considérables les moindres infractions aux règlements; les planteurs sont forcés de passer par toutes les conditions qui leur sont faites, et d'accepter les décisions de la Régie et les prix qui leur sont donnés. Les prix furent dans l'origine de l'établissement du monopole assez considérables pour encourager l'agriculture à supporter patiemment le régime de dépendance auquel elle est soumise dès qu'elle cultive du tabac. Mais, à dater de 1836, ils furent à peine suffisants pour indemniser le planteur de ses frais, et nul doute que l'agriculture, si les tarifs fixés à cette époque n'eus-

Digitized by Google

sent pas été un peu augmentés, aurait bientôt renoncé, dans plusieurs départements, au moins, à la culture du tabac. C'était du reste évidemment l'intention de l'administration, encouragée à suivre cette voie par le haut commerce et la grande industrie des transports qui désiraient vivement avoir à acheter et à transporter les 10 à 11 millions de kilogr. de feuilles annuellement fournis par la culture indigène. L'administration a renoncé depuis 1842 à cette pensée, et nous sommes heureux d'avoir contribué à ce résultat, en combattant vivement par la voie de la presse le projet non avoué de dépouiller l'agriculture de quelques-uns de nos départements de quelques bénéfices qui eussent été absorbés par l'agriculture étrangère.

D'après une moyenne de treize ans, le taux moyen de 100 kilogr. jusqu'en 1836, était de 70 fr. 84 c., ce qui portait le revenu de l'hectare à 868 fr. 19 c. Un nouveau tarif fixé par décision ministérielle du 17 août 1835, ne fit plus monter pendant la seconde période de quatre ans, de 1837 à 1840, le taux des 100 kilogr. qu'a 60 fr. 38 c., et le revenu de l'hectare ne fut plus que de 708 fr. 87 c. Pendant cette même période, la quantité de tabac prise à la culture baissa de 12 millions à 8 millions de kilogr., l'administration ayant décidé que le tabac indigène n'entrerait plus dans la fabrication que pour les quatre cinquièmes, au lieu des cinq sixièmes.

Depuis 1841, le prix moyen des 100 kilogr. s'est successivement relevé; le tableau suivant rend compte de l'état actuel des revenus que procure la culture du tabac par hectare, dans les divers départements où elle est autorisée, et des variations considérables que les revenus présentent d'un département à un autre.

Revenus de la culture du tabac en 1843.

NOMS des départements.	SOMMES payées.	PRIX moyen par 100 kil.	Prod. de l'hectare en kilog.	Prod. de l'hectare en argent.
	fr.	fr. c.		fr.
Bas-Rhin. . .	2.021.480	43,37	1.875	813
Nord.	2.091.098	78,69	2.277	1.812
Ille-et-Vilaine.	394.732	70,61	1.203	849
Pas-de-Calais.	660.956	67,89	1.912	1.298
Lot.	1.007.119	79,68	766	610
Lot-et-Gar. .	1.433.675	86,37	561	485
Total. . . .	7.606.060	» »	» »	» »
Prod. moyen.	» »	64.61	1.228	793

Les variations que l'on remarque entre les produits s'élèvent du simple au quadruple; elles ont diminué depuis quatre ou cinq ans; mais elles ne s'expliquent pas encore complétement par la supériorité ou l'infériorité relatives des tabacs de divers crus; elles devraient par conséquent tendre à être moins tranchées.

Dans ces derniers temps, l'administration a fait quelques essais de plantation de tabac en Corse et en Algérie; il paraît que les résultats obtenus promettent d'excellents tabacs, mais l'agriculture de ces contrées ne s'est pas encore proposé de produire régulièrement et en grande quantité cette matière; il n'est pas probable que la Régie elle-même puisse faire une telle entreprise.

§ VII. *Achat des tabacs étrangers.* Les feuilles de tabac sont livrées aux manufactures par les magasins à l'état de manoques rassemblées en boucauts ou en balles, pesant de 400 à 700 kil. Les tabacs indigènes dont nous venons d'examiner la production, sont apportés par les planteurs dans les magasins; des tabacs étrangers y sont aussi directement livrés par le commerce, quand les achats ont été faits, ce qui est le cas le plus général, par suite d'une adjudication. Quand les tabacs ont été achetés par l'intermédiaire des consuls, ils y arrivent grevés de frais de transport variables qu'acquitte alors le trésor; la valeur des tabacs en magasin comprend toutes les dépenses effectuées jusqu'au moment de l'emmagasinage.

Les cigares sont les seuls tabacs étrangers fabriqués qu'achète la Régie.

Pour l'année 1844, le compte sommaire des tabacs achetés s'établit ainsi; il donne une idée exacte de la valeur réelle actuelle des différents tabacs :

11.897.192k	de tabacs indigènes pour la somme de.	7.633.687f
	Prix moyen par 100 kil. : 64 fr. 16 c.	
	Il convient d'y ajouter pour le service de la culture. .	281.622
	Ce qui porte le prix moyen à 66 fr. 53 c.	
1.647.982	de tabacs d'Europe pour. .	1.233.381
	Prix moyen par 100 kil. : 74 fr. 84 c.	
7.478.542	de tabacs d'Amérique pour. .	5.618.844
	Prix moyen général par 100 kil. : 78 fr. 27 c.	
189.894	ou 47.473.500 cigares de la Havane pour.	5.454.910
	Prix moyen par 100 kil. : 2,872 fr. 60 c.	
	— par cigare : 11c,49.	
25.158	ou 6.289.483 cigares de Manille pour.	426.879
	Prix moyen par 100 kil. : 1,696 fr. 80 c.	
	— par cigare : 6c,787.	
552	de tabacs en cours de fabrication pour.	3.026
	Prix moyen par 100 kil. : 547 fr. 93 c.	
172.650	de tabacs saisis pour. . . .	230.096
	Prix moyen par 100 kil. : 133 fr. 27 c.	
21.411.970k		20.882.445f
	Prix moyen général par 100 kil. : 98 fr. 95 c.	

Les achats des tabacs en feuilles de diverses provenances d'Europe et d'Amérique se répartissent ainsi :

	Quantités.	Valeurs.	Prix moyen par 100 k.
Hongrie.	1.361.905k	934.740f	68f 63
Levant et divers crus d'Europe (Hollande, Tombeky, Macédoine, Magnésie, Argolide, Syrie, Algérie, etc.)	286.077	329.487	102 58
Cuba.	45.718	261.940	572 94
Virginie.	1.614.484	1.228.867	76 12
Maryland.	2.609.438	2.340.850	89 84
Kentucky.	2.841.832	1.526.004	53 69
Divers crus (Colombie, Chine, Java, Paraguay, Porto-Ricco, Brésil, Nouvelle-Grenade, etc.)	71.370	236.845	331 85

§ VIII. *Magasins.* Tous les tabacs achetés sont expédiés dans les vingt magasins de l'État où ils sont reçus, expertisés et ensuite conservés jusqu'à ce qu'il en soit demandé livraison par les manufactures. Les frais que nécessite le service des magasins montent à 708.258 fr., somme qui augmente la valeur des ta-

Digitized by Google

bacs achetés et manutentionnés dans le courant de l'année de 3 fr. 40 c. par 100 kil.

Dans les magasins ont été employés, en 1844, 1310 ouvriers tant gagistes que salariés. Le nombre des gagistes était de 118 qui ont touché 117.500 fr. 49 c., soit pour la journée moyenne, sur 38,612 jours de présence, 3 fr. 04 c. Les ouvriers salariés au nombre de 1192 n'ont reçu que 240.779 fr., ce qui fait par ouvrier 201 fr. 99 c., somme dont l'extrême *minimité* est sans doute la cause pour laquelle l'administration qui donne le chiffre moyen des *gages*, a bien garde de donner celui des salaires.

§ IX. *Transport des feuilles des magasins aux manufactures.* La Régie a fait transporter des magasins aux manufactures, en 1844, 19.875.436 kil. de tabacs en feuilles et de tabacs saisis. En vertu d'un marché passé en adjudication publique, le 18 août 1841, pour cinq ans, à partir du 1er avril 1842, les transports s'effectuent, par *terre*, moyennant 2c,39 par quintal métrique et par kilomètre, et par *eau*, moyennant 1c,18, aussi par quintal et par kilomètre parcouru. Le taux moyen du prix de transport a été de 4 fr. 54 c. par chaque quintal, somme qui augmente d'autant la valeur vénale du tabac.

§ X. *Préparation générale du tabac dans les manufactures.* Les soins et les travaux dans les dix manufactures où se fabriquent tous les tabacs de la Régie ont porté sur 44.790.880 kil., savoir : 24.680.804 kil. existant à l'inventaire du 1er janvier 1844, et 20.110.076 kil. nouveaux (comprenant les expéditions des magasins et 234.641 kil. pris directement en charge). Toutefois les ateliers n'ont reçu, à nouveau, que :

7.952.872k	en feuilles de France.
1.882.094	en feuilles d'Europe.
8.616.795	en feuilles d'Amérique.
126	en cigares de la Havane.
16.006	de tabacs renvoyés des entrepôts.
169.959	de tabacs saisis.
10.835	de côtes.
18.648.687	en totalité.

Cette liste indique les proportions respectives des diverses sortes de tabacs manutentionnées annuellement.

Les dix manufactures de la Régie sont situées à Paris, Lille, le Havre, Morlaix, Bordeaux, Tonneins, Toulouse, Lyon, Strasbourg et Marseille. Elles occupent 4.083 ouvriers gagistes ou salariés. Chaque manufacture est dirigée par un régisseur chargé de la responsabilité générale de tous les travaux qui y sont exécutés; un inspecteur préside particulièrement à la fabrication, et un contrôleur exerce une surveillance active sur toutes les opérations, sans pouvoir exécutif. Ces trois employés forment le conseil supérieur de la manufacture, qui prend toutes les mesures nécessaires au besoin du service. Un sous-inspecteur est adjoint à l'inspecteur dans les principales manufactures. Un directeur général et quatre sous-directeurs, dont deux remplissent les fonctions d'inspecteurs spéciaux et ont pour adjoints deux sous-inspecteurs spéciaux, dirigent le service général et forment le conseil supérieur des tabacs, chargé de prendre toutes les décisions relatives à la culture, aux achats et à la fabrication. Le service de la fabrication se trouve ainsi composé de soixante employés supérieurs, qui, depuis 1831, se recrutent parmi les élèves de l'École Polytechnique, à moins que quelque protégé, fils ou parent d'un député ou d'un employé du ministère des finances, ne parvienne à se placer dans le service à l'aide d'un examen plus ou moins sérieux sur les mathématiques, la chimie et la physique. Cet état actuel de l'administration des tabacs n'a pas été constitué sans quelques variations. D'abord elle faisait partie de l'administration des contributions indirectes; elle en a été séparée en 1831 et placée sous la direction d'un chef spécial qui vient d'être entouré du conseil supérieur dont nous avons parlé. Puis est arrivée une organisation des bureaux en trois grandes divisions : personnel, achats et fabrication, comptabilité. C'est ainsi que s'est étendue une administration qui ne formait autrefois que la moitié d'une des quatre divisions de l'administration des contributions indirectes.

Sur les dix manufactures, il y en a neuf qui fabriquent les tabacs ordinaires à priser et à fumer du prix de 7 fr. le kil. et les tabacs supérieurs à fumer du prix de 11 fr. 10 c. A Marseille, on ne fabrique que des cigares, soit à cause du peu d'étendue des bâtiments, soit parce qu'avant le monopole, ce genre de fabrication avait pris dans cette ville un assez grand développement qu'on lui a laissé depuis. A Paris seulement, on fabrique du tabac à priser supérieur du prix de 11 fr. 10 c. Morlaix et Tonneins fabriquent spécialement des tabacs en carotte. Enfin les manufactures de Lille et de Strasbourg produisent des tabacs à priser et à fumer d'un prix inférieur, tabacs auxquels on a donné le nom de *tabacs de cantine*. Ces tabacs à prix réduits ont pour objet de diminuer l'introduction frauduleuse des tabacs étrangers sur la frontière, en diminuant les avantages que les fraudeurs peuvent retirer de la contrebande.

La fabrication du tabac a pour but l'obtention de deux produits principaux, la *poudre* ou tabac à priser, le *scaferlati* ou tabac à fumer; les cigares ne forment qu'une annexe de ce dernier genre; les carottes sont destinées à tenir lieu des deux produits; enfin, les rôles ou tabac à mâcher, sont destinés à satisfaire un goût singulier qui ne tend point à se généraliser; quant au tabac de cantine, nous venons de voir qu'il a surtout un but fiscal à atteindre. Nous allons expliquer comment s'obtiennent ces divers produits, en commençant par les procédés de fabrication qui altèrent le moins la nature des feuilles; auparavant nous décrirons les opérations préliminaires auxquelles sont soumises les feuilles, quelle que soit d'ailleurs leur destination : l'ouverture des boucauts, l'époulardage, la mouillade, l'écôtage.

1° *Ouverture des boucauts.* Les feuilles de tabac arrivent dans les manufactures renfermées dans des boucauts, des nattes ou des ballots de grosse toile. Le premier soin de l'inspecteur de la fabrication est de faire prendre le poids brut des boucauts, d'en faire briser l'enveloppe et d'en peser la tare, afin de prendre seulement en charge le poids réel. Chaque boucaut est alors séparé en plusieurs fragments cylindriques qui, d'après leur état, sont expédiés à l'atelier d'époulardage, les plus beaux pour le tabac à fumer, les autres pour le tabac à priser.

2° *Ecabochage.* C'est une opération qui ne se pratique que pour certaines espèces de feuilles, comme celles de Hollande, qui ont été réunies par les planteurs en manoques ayant des têtes ou *caboches* formées uniquement de grosses côtes. On coupe les caboches avec un couteau à bras, mobile à l'extrémité d'une table, autour d'un point d'attache; les feuilles séparées sont placées dans des mannes et portées à l'époulardage.

3° L'*époulardage* consiste à délier les manoques, à les secouer de manière à faire tomber le sable et la poussière qui souillent les feuilles, à détacher celles-ci les unes des autres, à les trier, à les placer dans différentes mannes dont est entouré l'ouvrier, suivant qu'il juge qu'elles sont propres à telle ou telle destination, par exemple, à servir de *robes* pour les cigares, à entrer dans la confection des rôles, ou bien seulement, à cause de leur mauvais état de fermentation, à être réduites en poudre.

C'est une des opérations les plus essentielles de la fabrication, et une des plus pénibles pour l'ouvrier, à cause de la poussière continuelle dont il est entouré.

Le maître-ouvrier reçoit les mannes des mains des

Digitized by Google

ouvriers, examine si les feuilles ont été bien classées, constate le poids des mannes afin de régler les salaires d'après la tâche accomplie, et enfin place les tabacs dans diverses cases, suivant leur destination.

4° *Mouillade.* La mouillade consiste à arroser les feuilles avec une dissolution de sel ordinaire (chlorure de sodium); elle a pour but de les disposer aux opérations subséquentes en leur rendant la souplesse enlevée par la dessiccation sur le terrain, et les mettant ainsi en état de résister à la manutention sans se briser. La présence du sel dans le tabac a pour but d'empêcher la fermentation de devenir putride et d'en éloigner les insectes qui s'introduisent dans toute matiere en fermentation. C'est à la présence du sel que le tabac doit principalement la propriété que tout le monde lui connaît, d'être hygrométrique.

L'atelier de la mouillade est à côté de celui de l'époulardage; la dissolution saline se fait au moyen de 10 kil. de sel pour 100 litres d'eau. On superpose plusieurs lits de feuilles que l'on arrose successivement; l'eau excédante s'écoule dans des rigoles.

En 1844, 601.705 kil. de sel ont été employés à la mouillade des 18.648.687 kil. livrés aux ateliers, ce qui fait moyennement 32 grammes de sel par chaque kilogramme de tabac fabriqué. La Régie achète son sel grevé de l'impôt, comme ferait un particulier. En 1844, elle l'a payé 39c,11 le kil.; comme le droit de consommation perçu par l'Etat est de 30 c., il en résulte que le trésor ne débourse réellement que 9c,11 par kil. de sel qui est introduit dans le tabac.

Dans les ateliers, on laisse se perdre l'eau excédante de la mouillade; on prétend, mais cela ne repose sur aucune idée raisonnable, qu'elle ne saurait servir à arroser de nouveau le tabac.

5° *Ecotage.* Cette opération est réservée aux femmes, comme étant extrêmement facile; elle consiste à prendre d'une main les feuilles par un bout, et à arracher de l'autre main la grosse côte dans toute la longueur de la feuille. Les ouvrières sont rangées de manière à prendre les feuilles dans des mannes placées à leur gauche, à jeter les feuilles écotées dans des mannes placées à droite, et à jeter les côtes derrière les bancs sur lesquels elles sont assises. Les feuilles écotées sont portées ensuite sur des tables ou claies où des femmes sont occupées à les repasser, à ôter les nervures qui auraient pu échapper aux écoteuses et à faire tomber toute matière étrangère. De là les feuilles passent dans les divers ateliers auxquels elles sont destinées.

Les côtes et les caboches, ainsi que les balayures d'ateliers, constituent les résidus de fabrication qui sont détruits par la combustion. En 1844, les ateliers ont livré aux magasins d'expédition 17.520.893 kil., et à la destruction 1.524.709 kil.; les résidus forment donc 8 p. 100 des matières premières. Il faut excepter les côtes des tabacs étrangers qui sont introduites dans les tabacs de cantine (voir plus loin, § XVII).

§ XI. *Fabrication des cigares.* De toutes les manutentions du tabac, c'est la fabrication des cigares qui altère le moins la nature de la plante.

Des femmes roulent des débris longitudinaux de feuilles entre leurs doigts et ensuite en les serrant, elles les revêtent d'une *robe*, c'est-à-dire d'une feuille convenablement taillée qui ne présente aucune déchirure; avec un peu de colle de pâte, elles attachent enfin l'extrémité de la robe sur le corps du cigare

Après l'inspection du contre-maître qui doit vérifier d'une part s'ils ne sont pas trop ou trop peu serrés, de manière à ce qu'ils puissent être fumés, et d'autre part s'ils ont le poids moyen voulu, les cigares passent au séchoir, où ils sont exposés à une température qui ne dépasse pas 30 degrés. Après la dessiccation ils sont portés au magasin et mis en boîte.

On ne fabrique en France que les cigares à 5 et à 10 centimes; les autres cigares proviennent de la Havane, de Manille, de la Colombie, de la Nouvelle-Grenade, de Bahia. Les cigares à 10 centimes sont dits étrangers; ils se font effectivement avec des feuilles étrangères de Maryland et de Havane. On n'en fabrique qu'aux manufactures de Marseille, Bordeaux, Tonneins et Paris, qui, en 1844, en ont livré aux magasins d'expédition :

Marseille.	7.405 kil. ou	1.851.250 cigares.
Bordeaux.	10.335	2.583.850
Tonneins.	1.990	497 500
Paris.	45.202	11.300.500
Totaux.	64.932 kil.	16.233.100 cigares.

Les cigares à 5 centimes sont faits avec des feuilles de France; ils sont à paille ou ordinaires. Il s'en fabrique six fois plus environ que de cigares à 10 centimes; six manufactures en ont livré, savoir :

Marseille.	218.778 kil. ou	54.694.500 cigares.
Toulouse.	26.876	6.469.000
Bordeaux.	23.030	5.507.500
Tonneins.	35.164	8.791.000
Strasbourg.	10.902	2.725.500
Paris.	46.731	11 682.750
Totaux.	361.481 kil.	89.879.250 cigares.

On voit que la manufacture de Marseille fabrique les deux tiers de ce genre de produits.

§ XII. *Fabrication des rôles.* On entend par rôles, comme nous l'avons dit, les tabacs à mâcher ou à *chiquer*. On en distingue de deux espèces : les rôles menus filés qui sont classés parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faits en feuilles de Virginie pures; les gros rôles dont la consommation est plus ordinaire. La fabrication de ce genre de produits est un peu plus compliquée que celle des cigares; toutefois la feuille de tabac y conserve encore sa nature. Elle se compose de cinq opérations successives : filage, mise en rôles, passage à la presse, ficelage, mise à l'étuve.

1° *Filage.* Le filage se fait au rouet, qui se compose d'un cylindre de bois mobile d'abord sur son axe et ensuite sur un autre axe perpendiculaire au premier. L'ouvrier fileur reçoit des mains d'un enfant les feuilles de tabac tendues en écheveaux plus ou moins gros, selon le diamètre que doit avoir le boudin; un autre enfant lui prépare les *robes;* il contourne ces dernières autour des premières feuilles, et alors à un signe qu'il fait, un troisième aide tourne la manivelle et fait tourner le rouet autour de l'axe perpendiculaire au cylindre de bois; le fileur pendant ce temps appuie le boudin sur une table tandis que le tabac se tord. Quand environ un mètre de boudin se trouve filé, le troisième aide fait enrouler ce boudin sur le cylindre de bois du rouet; un déclic empêchera ce cylindre de se dérouler, tandis que le rouet tordra le bout suivant.

2° *Rôlage.* Lorsque les rouets des fileurs sont pleins, on les transporte dans l'atelier des rôleurs où le tabac filé est dévidé de dessus le rouet et enroulé sur des bobines, simples chevilles de bois, de manière à donner des rôles d'un kilogramme ou d'un demi-kilogramme pour les gros rôles; d'un demi ou d'un quart ou d'un huitième de kilogr. pour les rôles menus filés. Les bouts étant coupés sont ensuite attachés avec de la ficelle.

3° *Pressage.* Les rôles sont introduits dans des moules ou trous cylindriques de dimensions convenables, lesquels sont rangés sur une table de manière à ce que des cylindres de bois, percés en leur centre pour laisser passer les chevilles, pénètrent dans les moules et puissent y peser sur les rôles. On met sur un chariot plusieurs lits horizontaux des rôles ainsi arrangés, de manière qu'ils occupent une hauteur de 1m,50 environ, et on pousse le chariot sur le plateau mobile d'une

Digitized by Google

presse hydraulique. On fait alors mouvoir la pompe, et les cylindres de bois aplatissent fortement les rôles contre les parois des moules dans lesquels ils sont enfermés. Quand il est sorti une certaine quantité de jus de tabac, le presseur juge l'opération terminée, ôte les rôles de dessous la presse et les enleve des moules.

4° *Ficelage.* Les rôles reviennent à l'atelier des rôleurs, où on enlève les chevilles et où on place une ficelle plombée à travers le trou central laissé par la place de cette cheville.

5° *Mise à l'étuve.* Les rôles sont enfin portés à une étuve, entretenue par un courant d'air chaud à une température de 40 degrés centigrades. Après quelques jours de séjour dans l'étuve, ils sont suffisamment secs pour qu'on les transporte au magasin d'exposition.

La fabrication des rôles menus filés prend seule un certain accroissement. En 1844, les différentes manufactures ont livré :

	Rôles menus filés.	Gros rôles.	Rôles à prix réduits.
Morlaix. . .	1.745k	22.994k	» »
Bordeaux. .	7.505	» »	» »
Tonneins. .	624	1.389	» »
Lille.	1.610	22.539	20.317
Strasbourg. .	910	55.999	13.733
Lyon. . . .	1.695	25.736	» »
Paris. . . .	32.101	108.489	» »
Totaux.	45,509k	237,126k	34,050k

§ XIII. *Fabrication des carottes.* Autrefois la fabrication, tant des carottes à pulvériser ou à râper, que des carottes à fumer, était très importante; la supériorité incontestable que possèdent la poudre et le scaferlati sur leurs anciens rivaux, feront bientôt disparaître les carottes, dont la seule image servira encore désormais à indiquer au chaland l'entrée d'un débit de tabac. Les carottes à pulvériser, rangées parmi les tabacs supérieurs, et qui sont faites avec des feuilles de Virginie, ont presque disparu. Voici l'état de fabrication des carottes en 1844 :

	Carottes à pulvériser.	Carottes à fumer.
Morlaix. . . .	64 kil.	426.000 kil.
Tonneins. . .	4.064	22.396
Paris.	168	» »
Totaux. .	4.296 kil.	448.396 kil.

La fabrication des carottes ne diffère de la fabrication des rôles, qu'en ce que au lieu de mettre en rôles on met en carottes ; le rôlage est remplacé par le carottage. Les ouvriers déroulent le tabac de dessus le rouet, le coupent par bouts égaux, rassemblent les bouts au nombre de huit dans un moule, et les soumettent à une forte compression pendant vingt-quatre heures. Au sortir des presses, les carottes sont tirées de leurs moules, ficelées et rognées par les deux bouts.

§ XIV. *Fabrication du scaferlati ou tabac à fumer haché.* On distingue deux espèces de scaferlati, le scaferlati étranger ou supérieur en maryland, varinas et levant, et le scaferlati ordinaire dit *caporal*, sans compter le scaferlati de cantine ou à prix réduit. Le scaferlati ordinaire est fait au moyen du mélange de feuilles de choix indigènes du Bas-Rhin et du Pas-de-Calais, et étrangères de Maryland, Hongrie, etc. Les mélanges sont effectués à la mouillade.

Les opérations spéciales à cette fabrication sont : le hachage, la torréfaction, le séchage, et enfin la mise en paquets.

1° *Hachage.* Depuis un certain nombre d'années, les anciennes machines à bras de de Parcieu ont été remplacées par des machines bien supérieures mues par la vapeur ou des cours d'eau. Les feuilles de tabac sont entassées par un ouvrier, dans une coulisse où elles sont entraînées par une toile sans fin, mue d'un mouvement discontinu de même sens, calculé de telle sorte que la masse des feuilles avance juste de la quantité convenable, pour qu'un couteau mû d'un mouvement de va-et-vient et guidé dans des coulisses, tranche constamment en descendant la même épaisseur des feuilles. Le couteau remonte sans produire d'effet; en ce moment, la toile sans fin a fait avancer le tas de feuilles qui sont coupées de nouveau en minces filaments par la descente du couteau. Il est évident qu'on aurait pu s'arranger de manière à avoir des couteaux à deux tranchants, hachant en montant et en descendant.

2° *Torréfaction.* Il est important, pour que la fumée du tabac conserve l'arome aimé des consommateurs, que le scaferlati fermente le moins possible. Or, on sait que la meilleure manière de *tuer les ferments* est de coaguler la matière fermentescible par une chaleur d'au moins 60°. C'est ce qui a conduit à soumettre le tabac haché à la torréfaction qui ne se fait pas d'une manière identique dans toutes les manufactures. Tantôt on fait séjourner durant quelques minutes le tabac sur des tuyaux juxta-posés et formant de longues tables, dans lesquels passe de la vapeur produite par une chaudière à une pression de quatre à cinq atmosphères. Tantôt on se contente de projeter rapidement le tabac sur des plaques de tôle chauffées à une température voisine du rouge. Dans l'un et dans l'autre cas, le tabac dégage un principe âcre et piquant qui fait pleurer les yeux. Quand la torréfaction a été bien conduite, le tabac ne peut plus fermenter que fort difficilement et dans le cas seulement où il séjourne quelque temps en tas considérables. C'est malheureusement le cas habituel dans les manufactures françaises à cause de leur petit nombre et de l'énorme quantité de produits qu'elles doivent fournir.

3° *Séchage.* Au sortir de la torréfaction, le scaferlati est porté dans des séchoirs entretenus, quand il en est besoin, par des courants d'air chaud à une température de 16 à 20°. Il est posé sur des claies serrées ou on le retourne souvent jusqu'à ce qu'il soit sec. Alors on le livre à des ouvrières qui l'étendent sur des tables à claires-voies où elles le purgent des morceaux de côtes trop gros et autres matières étrangères qui, si elles s'y trouvaient, feraient crier le consommateur. Elles font aussi tomber les filaments réduits en poussière et provenant d'une torréfaction trop vive, car le fumeur ne voudrait point les mettre dans sa pipe.

4° *Empaquetage.* L'atelier de l'empaquetage est celui où les ouvriers sont forcés de développer la plus grande activité; enfants et hommes y sont continuellement agités de mouvements rapides qui produisent sur le spectateur le plus singulier effet. Nous allons essayer d'en donner une idée.

Le tabac est apporté dans des mannes et déposé sur une claie d'osier à hauteur d'appui; à côté se trouve une balance où un ouvrier pèse le tabac d'une manière continue (on fait ensemble tous les paquets de même poids, soit de 1.000 ou de 500 grammes pour le scaferlati ordinaire; de 500, 250 ou 125 gr. pour le scaferlati étranger). Le peseur fait tomber le tabac dans des vases en fer-blanc ouverts en dessus et sur l'une des faces latérales; un enfant qui sert à la fois quatre empaqueteurs, prend ces vases et les jette sur la table autour de laquelle sont rangés ces derniers. Chacun de ceux-ci prend le papier d'enveloppe, le place sur un mandrin d'un volume égal à la capacité intérieure que doit avoir le paquet, en repliant à l'une de ses extrémités le papier, comme on a l'habitude de le faire; il jette alors le mandrin, entouré de papier, dans un trou pratiqué dans un bloc placé à côté de la table; retire le mandrin, verse le tabac dans le sac tout formé, presse avec les poings, puis avec le mandrin, replie le papier de manière à fermer le sac, le retire, et cachète avec de la cire rouge, toujours entretenue fondue au milieu de

Digitized by Google

la table au moyen d'un tuyau où passe de la vapeur; en entourant le papier sur le mandrin et formant le côté opposé avant de le placer dans le bloc, il avait également cacheté avec de la cire. Toutes ces opérations ne prennent guère plus d'une minute à l'empaqueteur.

Les paquets sont ramassés par un enfant et mis dans une manne mobile sur des roulettes pour être portés à un autre enfant colleur des vignettes. Ce dernier étend sur une planche douze vignettes, dont la longueur est telle qu'elles enveloppent un paquet dans le sens le plus long; il passe dessus de la colle au moyen d'une brosse, et ensuite, en moins d'une minute, les douze vignettes sont collées par une manœuvre si rapide qu'on voit à peine chaque paquet passer entre les mains de l'enfant, et se recouvrir de la vignette.

Le contre-maître de l'atelier vérifie le poids de quelques-uns des paquets pris au hasard; s'il ne trouve pas le poids voulu avec une tolérance de 5 grammes en plus ou en moins, il fait refaire les paquets. Cette vérification est de rigueur, car les paquets seront dorénavant livrés au consommateur sans nouvelle constatation de poids.

Les paquets sont enfin emportés au magasin des expéditions dans une manne que font rouler deux enfants en courant.

Les différentes manufactures ont livré, en 1844, aux magasins d'expéditions pour l'approvisionnement des entrepôts, les quantités de scaferlati suivantes :

	Etranger.	Ordinaire.	De cantine.
Morlaix.	1.025k	623.300k	»
Toulouse.	1.580	367.400	»
Bordeaux.	2.641	278.625	28.750k
Tonneins.	760	131.400	»
Lille.	222	166.240	2.737.470
Strasbourg.	840	144.145	1.435.570
Lyon.	2.249	1.199.590	355
Paris.	31.607	1.731.276	»
Le Havre.	954	611.893	»
Totaux.	41.845k	5.223.869k	4.202.145k

§ XV. *Fabrication des cigarettes.* La Régie a cherché depuis 1843 à exploiter cette nouvelle branche de produits. Il est évident qu'elle obtiendrait des revenus assez considérables, si elle pouvait empêcher les fumeurs de fabriquer eux-mêmes les cigarettes et de garder les bénéfices qu'ils procureraient à la Régie en achetant celles qu'elle vend si cher. Mais la fabrication des cigarettes est si facile pour le fumeur qui n'a qu'à rouler le tabac dans du papier, entre ses doigts; elle est d'une si grande complication, en comparaison, pour la Régie qui doit s'arranger de manière à pouvoir garder longtemps les cigarettes en magasin, et à les soumettre à des transports qui les brisent, que nous doutons qu'elle puisse jamais devenir importante.

Le kilogramme contient 1000 cigarettes; il en est de deux sortes, à 5c et 7c.5, ou bien à 50 et à 75f le kil. Les cigarettes à 5c sont faites en grande partie avec les débris qui tombent des claies dans la fabrication du scaferlati étranger et ordinaire; les autres sont plus soignées et sont faites avec les tabacs hachés du Levant et de Maryland mélangés.

Le principe de la fabrication est bien simple; il consiste à enrouler le papier sur un moule en bois, mis à la suite d'un petit morceau de bois creux qui sert à maintenir la cigarette. Le tout est placé dans un petit bloc creux. L'ouvrière alors enlève le moule et refoule du tabac; elle plie et colle alors l'extrémité libre du papier.

On a essayé de faire le papier avec les côtes de tabac, afin de ne donner au fumeur ou consommateur que du tabac. Cette tentative n'a pas réussi.

La fabrication des cigarettes n'est encore établie qu'à la manufacture de Paris, qui, en 1844, en a livré au magasin d'expéditions 10.359 kilogrammes.

§ XVI. *Fabrication du tabac en poudre.* Autant on s'attache à empêcher toute fermentation dans la fabrication du scaferlati, autant au contraire on recherche les circonstances qui peuvent la favoriser dans la fabrication de la poudre. Comme il n'existe en France que dix manufactures pour fabriquer les 17 millions de kil. de tabac que l'on y consomme actuellement dans une année, la manutention porte sur de grandes quantités, et l'on est par conséquent dans de bonnes conditions pour obtenir une pleine fermentation, et par contre, il doit être difficile d'éviter complétement tout phénomène de cette espèce. On peut attribuer à cette circonstance l'infériorité que présente souvent le tabac de la France devant les tabacs des pays étrangers où la fabrication étant libre, elle ne saurait être concentrée dans des manufactures aussi peu nombreuses et aussi considérables que les nôtres. Cette même raison explique complétement encore la supériorité bien établie du tabac à priser français sur tous les tabacs en poudre d'Europe. Ce qu'il y a même de remarquable, c'est que la poudre dite étrangère, qui est vendue comme tabac supérieur, est souvent bien moins bonne que la poudre ordinaire, ce qui provient toujours de ce que la qualité du tabac de choix dont elle est composée ne compense pas l'infériorité d'une fermentation faite au moyen de moindres quantités.

Le tabac en poudre ordinaire se compose essentiellement avec 70 ou 75 p. 100 de tabacs indigènes du Lot, Lot-et-Garonne, Nord, etc.; et de 30 à 25 p. 100 de tabacs étrangers de Virginie, Kentucky, etc. On y mélange en outre toutes les feuilles légères qui ont déjà subi un commencement de fermentation et qui sont impropres à la fabrication du scaferlati, des rôles ou des cigares; on y met enfin tous les tabacs provenant des saisies.

Les feuilles, après la mouillade, sont soumises aux opérations successives suivantes : le hachage, la fermentation en masses, le moulinage, le tamisage, la fermentation en cases et la mise en tonneaux ou en paquets.

1° *Hachage.* Le hachage des feuilles destinées à la poudre se fait d'une manière bien moins parfaite que pour le Scaferlati, mais aussi bien plus rapide. Il suffit effectivement que le tabac soit haché cinq ou six fois plus gros, et au lieu d'employer un seul couteau, se mouvant d'un simple mouvement de va-et-vient rectiligne; on se sert de plusieurs couteaux rangés sur la surface d'une roue cylindrique rapidement mobile autour de son axe; sa surface vient frotter contre les feuilles entassées et amenées par une toile sans fin. Le tabac haché retombe dans l'intérieur de la roue et descend à un étage inférieur.

2° *Fermentation en masses.* Le tabac est alors soumis aux mélanges des diverses sortes arrêtés par le conseil supérieur de l'administration et porté dans la salle des masses. Une salle contient de sept à huit masses; ce sont des tas formés de 20 à 40 mille kilogr. occupant presque toute la hauteur de la salle, dont les parois et le plancher sont en bois de chêne. 40 ou 50 centimètres sont seulement réservés entre le plafond et la surface supérieure des masses, et un étroit corridor règne le long de la salle qui est constamment fermée. Le tabac est tassé assez fortement par les massiers, et au centre on place un tube creux en bois dans lequel descend un thermomètre. Il est bien de mêler au tabac du centre une certaine portion de tabac étant déjà en train de fermenter, afin de hâter la fermentation nouvelle et d'accélérer ainsi la fabrication de la poudre qui demande souvent jusqu'à quinze mois. Au bout de dix à quinze semaines, la température a atteint 70 à 80°; il s'est dégagé une très grande quantité de carbonate d'ammoniaque et de carbonate de nicotine, et presque tout l'acide du tabac a disparu. Le carbonate d'ammoniaque constitue le montant du tabac. L'air ne doit jouer aucun rôle

Digitized by Google

dans le phénomène qui se passe alors. Quand l'air pénètre dans les masses, la fermentation devient acétique.

Par des visites fréquentes on constate les températures successives que prennent les masses, et on surveille la marche de la fermentation. La chaleur produite est si grande, que le tabac serait souvent carbonisé et amené à l'état d'humus, si on ne soignait pas suffisamment les masses, et si on n'y pratiquait pas des tranchées pour abaisser la température quand elle s'élève trop rapidement.

3° *Moulinage.* Le tabac provenant des masses est porté dans des moulins où il est réduit en poudre. Un moulin est formé d'abord d'un cône en fonte creux, placé la base en haut et le sommet en bas; la surface interne du cône est couverte de rainures héliçoïdales aboutissant au sommet et présentant des lames en relief. Un cône plein placé en sens inverse est mobile autour de son axe d'un mouvement de rotation alternatif, et vient ainsi faire appuyer contre les lames en relief du premier cône d'autres lames héliçoïdales et obliques aux plans passant par l'axe du cône et les arêtes. Le tabac devenu assez friable par la fermentation est ainsi serré et desserré dans les rainures du cône fixe. La poudre s'écoule par le sommet inférieur du cône fixe percé d'une ouverture convenable.

4° *Tamisage.* Des moulins, le tabac tombant sur un plan incliné, descend sur des tamis animés d'un double mouvement de va-et-vient continuel par des excentriques convenables mues par la machine motrice de la manufacture. La poudre d'un grain convenable passe à travers les tamis et tombe sur une toile sans fin qui l'entraîne sur un plan incliné d'où elle descend vers les cases. Le tabac non suffisamment pulvérisé reste sur le tamis d'où il est rejeté par le mouvement de secousse latérale, et il est repris pour repasser aux moulins.

5° *Fermentation en cases.* Les cases sont des cellules de 20 à 30 mètres cubes fermées de toutes parts par des planches et des madriers de chêne où on case la poudre qui s'y entasse en masses de 20 à 35 mille kilogr. Au centre se trouve aussi un tube creux où descend un thermomètre. Au bout de deux ou trois mois la température commence à s'élever; elle a atteint 40° environ, après sept ou huit mois. Alors cette seconde fermentation qui a surtout pour but de développer l'arome du tabac est complète. On défait la case par une porte latérale et on enlève le tabac dans des sacs.

6° *Mise en tonneaux ou en paquets.* On porte le tabac dans une espèce de grand bassin en bois où on brise les sortes de mottes qui se sont agrégées, et on l'enlève par une noria sur des tamis d'où il sort pour être mis en tonneaux, ou en paquets ayant les poids déterminés par les demandes des entreposeurs. On ne fait de petits paquets que pour le tabac étranger. On le met aussi dans de grands tonneaux pour le conserver quelque temps dans le magasin des expéditions. Enfin on fait quelquefois des mélanges de différentes sortes de tabacs pour satisfaire les goûts de certains consommateurs.

Les diverses manufactures ont livré, en 1844, les quantités suivantes aux magasins des expéditions :

	Poudre étrangère.	Poudre ordinaire.	Poudre de cantine.
Marseille. . .	800 k	400 k	» »
Morlaix. . .	40	478.802	» »
Toulouse. . .	425	870.545	» »
Bordeaux. . .	290	562.336	» »
Tonneins. .	340	327.012	» »
Lille.	15	351.469	192.886
Strasbourg. .	283	233.987	352.007
Lyon. . . .	2.435	573.104	740
Paris. . . .	11.853	2.240.778	» »
Le Havre. .	69	646.188	» »
Totaux. .	16.550 k	6.284 621 k	545 633 k

§ XVII. *Des tabacs de cantine.* La fabrication des tabacs de cantine, ou à prix réduits, ne diffère de celle des tabacs ordinaires, qu'en ce que l'on n'y emploie que des tabacs indigènes ou des tabacs étrangers de qualité tout à fait inférieure, et qu'en ce qu'on y mélange les 600.000 kilogr. de côtes provenant annuellement de l'écotage des tabacs étrangers. En 1844, il a été livré par les manufactures 4.781 828 kilogr. de tabacs de cantine, soit 27 p. 100 de la production totale.

§ XVIII. *Frais totaux de fabrication.* Pour fabriquer la totalité de 17.520.893 kilogr. de diverses sortes, livrés en 1844 par les ateliers des dix manufactures de France, il a été dépensé :

En traitements.	479.007 fr.
En frais de main-d'œuvre et fournitures de toutes espèces. .	4.011.917
Total. . .	4.490.924 fr.

soit 24 fr. 08 c. par 100 kilogr.

4.083 ouvriers ont été employés dans les manufactures et ont reçu en gages et en salaires 2.521.339 fr., soit pour la journée moyenne, sur 52.560 journées de présence, 4 fr. 02 c. Il reste pour les salaires 2.309.668 fr., qui, à raison de 3.937 ouvriers salariés, donnent pour le salaire annuel de chacun d'eux 586 fr. 65 c., ou par journée moyenne, à raison de 309 jours de travail par an, 1 fr. 90 c. Devons-nous croire, comme au § VIII pour le salaire des ouvriers des magasins, que c'est à cause de la minimité de ces salaires que l'administration a bien soin, dans ses comptes-rendus, de ne point les faire connaître, tout en s'arrangeant de manière à mettre en évidence les gages assez forts de ses ouvriers gagistes, c'est-à-dire contremaîtres, garçons de bureau et concierges?

§ XIX. *Transports des manufactures aux entrepôts.* Il a été transporté des manufactures aux entrepôts 17.640.879 kilogr. de tabacs de toutes sortes, y compris les cigares de la Havane, Manille, etc. La dépense totale s'est élevée à 1.916.543 fr., soit 3 fr. 61 c. par 100 kilogr., ce qui est sensiblement moindre que les frais moyens de transports des magasins aux manufactures donnés au § IX, ce qui s'explique, parce que la distance moyenne à parcourir est plus considérable dans ce dernier cas que dans celui que nous venons d'examiner.

§ XX. *Des entrepôts.* 357 entrepôts sont ainsi approvisionnés de tous les tabacs, qui sont ensuite vendus aux débitants par les entreposeurs. Ceux-ci reçoivent une remise moyenne de 0 fr. 65 p. 100 sur la valeur vénale de vente aux débitants, soit, en totalité, en 1844, de 692.906 fr., c'est-à-dire moyennement de 1.940 fr. 91 c. par entreposeur. En comptant les frais de loyers et de toutes espèces dans les entrepôts, ainsi que les remises aux entreposeurs et les frais de service de la répression de la fraude, dont nous parlons au § XXII, on trouve qu'ils élèvent de 5 fr. 81 c. la valeur moyenne de 100 kilogr. de tabac mis à la disposition des débitants.

Les diverses manufactures ne peuvent expédier des tabacs ordinaires que dans les départements qui les avoisinent, afin que chaque manufacture ait toujours un approvisionnement certain à desservir. Sans cette sage précaution, il arriverait que des préjugés sans consistance, car l'administration s'attache à maintenir partout le même genre et la même perfection de fabrication, amèneraient l'écoulement de tous les produits d'une manufacture, et laisseraient encombrée telle ou telle autre.

§ XXI. *Valeur réelle du tabac.* Résumant tous les frais énoncés précédemment, nous trouvons pour la valeur réelle des 100 kilogr. de tabac vendus dans les entrepôts :

Digitized by Google

Prix d'achat (§ VII).	98 fr.	95 c.
Frais de magasins (§ VIII). . .	3	40
Frais de transport des feuilles (§ IX).	4	54
Frais de fabrication (§ XVIII). .	24	08
Frais de transports des tabacs fabriqués (§ XIX).	3	61
Frais d'entrepôt (§ XX). . .	5	81
Valeur réelle. . . .	140 fr.	39 c.

Le prix moyen de vente des entreposeurs aux débitants est de 614 fr. 48 c. ; l'impôt moyen ou le bénéfice de la Régie est donc de 474 fr. 09 c. par 100 kilogr., c'est-a-dire que le gain est de 337 p. 100.

§ XXII. *Répression de la fraude.* On conçoit que la valeur fictive si élevée que l'impôt donne au tabac, a dû être un appât bien puissant pour l'introduction en fraude des tabacs fabriqués à l'étranger. Quelque sévère qu'eût été la répression de la fraude, il n'est pas douteux que la chance d'un bénéfice de plus de 300 p. 100 aurait donné lieu à d'énormes importations, si la Régie n'avait diminué sur nos frontières la différence qui existe entre la valeur réelle et la valeur fictive des tabacs. Dans ces contrées, elle fait donc vendre, à prix réduits, des tabacs de moindre qualité, dits tabacs de cantine. Elle diminue ainsi l'appât offert aux contrebandiers, qui, malgré cette précaution, ne continuent pas moins d'exercer leur hasardeuse industrie. Sur les bords du Rhin se trouve un certain nombre de fabriques, dont les produits sont consommés en France.

Néanmoins, ce n'est pas sur les frontières seulement que se fait la contrebande du tabac. Les tabacs de cantine sont à des prix qui vont en croissant à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur de la France. Ces prix s'élèvent successivement de 1 fr. 70 c. à 2 fr. 15 c., 2 fr. 55 c., 3 fr. 40 c. et 5 fr. 55 c. ; ils sont en moyenne de 2 fr. 25 c. Comme il existe encore, ainsi qu'on le voit, une différence notable entre les prix des tabacs de cantine de diverses zones, il se fait une contrebande très active, qui a pour objet de transporter ces tabacs d'une ligne à une autre. Cela fait, un changement de vignettes suffit pour donner aux paquets de tabac une valeur bien supérieure à celle qu'ils avaient d'abord. Cette contrebande est organisée en grand ; ce sont des troupes d'enfants, de chiens, ou des hommes à cheval qui font passer les tabacs. Comme les lignes sont assez rapprochées pour qu'on puisse souvent les franchir toutes en une nuit, il en résulte que le bénéfice est assez considérable pour couvrir les frais de ce commerce frauduleux. Pour y mettre un frein, on ne permet pas aux débitants de tabac de nos départements limitrophes une provision de plus de 3 kilogr. de chaque espèce de tabac. En outre, un service de surveillance spéciale, coûtant 390.000 fr., et composé de 207 employés, qu'aident d'ailleurs la gendarmerie et les employés des douanes, est chargé de la répression de la fraude dans les départements traversés par les lignes. Les lignes s'étendent à travers les départements suivants : Nord, Pas-de-Calais, Moselle, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Ardennes, Doubs, Aisne, Meuse, Meurthe, Vosges, Haute-Saône, Jura, Somme et Ain. On ne peut dire si l'infiltration du tabac de cantine s'étend beaucoup au-delà de ces départements ; dans tous les cas, cette infiltration remplace celle des tabacs étrangers, qui ne se fait plus que sur l'extrême frontière, et c'est un grand avantage. Du reste, la vente du tabac de cantine est fort considérable, car elle s'élève à près de 5 millions de kilogr., sur lesquels il y a plus de 4 millions de kilogr. de tabac à fumer.

§ XXIII. *Vente des tabacs aux débitants et aux consommateurs.* La vente des tabacs est confiée à des débitants spéciaux, soumis à un cautionnement fixé en raison de la population, et s'élevant du minimum de 50 fr., dans les petites localités, au maximum de 1,500 fr., à Paris. Leurs bénéfices résultent de l'excédant des prix de vente aux consommateurs sur le prix d'achat chez les entreposeurs ; cet excédant, variable selon les diverses sortes de tabac, est établi par un tarif administratif.

L'excédant total est monté, en 1844, à la somme de 15.423.220 ; il devient de plus en plus considérable à mesure que les bénéfices de la Régie et la consommation du tabac augmentent. Toutefois, le bénéfice moyen de chaque débitant ne suit pas cette même progression, parce que dans un but électoral facile à comprendre, moins facile à excuser, le gouvernement augmente le nombre des débitants suivant une progression non moins rapide que celle suivie par la consommation ; les chiffres suivants le prouvent manifestement :

	Nombre des débitants.	Bénéfice total.	Bénéfice moyen par débitant.
1840	28.649	13.715.713 fr.	479 fr. 25 c.
1841	29.356	14.298.726	487 08
1842	30.486	14.596.210	478 78
1843	31.400	15.058.435	479 57
1844	32.267	15.423.220	477 98

La garantie certaine de la bonne foi mise dans la vente des tabacs fabriqués par l'État, repose tout entière sur le mode qui consiste à en charger des agents commissionnés et révocables. Il faut, en effet, que les débitants vendent tous au même prix une marchandise qui ait partout la même qualité ; il faut qu'on puisse s'assurer que le tabac, substance qui se détériore au simple contact de l'air, est toujours dans un bon état de conservation, reste pur de tout ingrédient étranger, comme argile ou chicorée, matières que la fraude y mêle souvent, et ne soit pas humecté ; il faut aussi empêcher que les débitants puissent vendre du tabac de contrebande. C'est en vain que l'on chercherait à obtenir la réalisation de ces conditions préservatrices des droits des consommateurs et des droits du Trésor, si l'on accordait le droit de vendre du tabac à quiconque présenterait certaines conditions de solvabilité et de bonne foi et payerait une licence ; car la fraude présenterait trop d'avantages pour qu'on ne fût pas encouragé à lutter contre une pénalité peu rigoureuse, quand on considère surtout qu'on ne saurait plus aujourd'hui employer ces barbares moyens de répression d'autrefois, qui ne parvenaient cependant pas à arrêter la contrebande. C'est à peine si l'on pourrait soumettre les débitants libres aux visites des agents du contrôle ; bientôt ces visites passeraient pour vexatoires et inquisitoriales, deviendraient odieuses, et, en supposant qu'elles pussent amener la constatation d'un délit de fraude, les magistrats ne sauraient appliquer une peine bien grave au marchand coupable d'avoir ajouté quelques grammes d'eau à une substance aussi peu nécessaire que le tabac. La Régie, au contraire, pouvant révoquer ses agents en cas d'infidélité ou d'infraction aux règlements, et leur ôter ainsi leurs moyens d'existence, exerce une surveillance tout à fait efficace.

Les bureaux de tabac, en cas de vacances, sont généralement donnés à des veuves de militaires sans fortune, à de vieux employés inférieurs privés de ressources, sans que le titulaire précédent ait aucune influence sur la transmission de sa charge. A Paris, seulement, tout débitant qui veut cesser de l'être, peut se démettre en faveur d'un acquéreur, pourvu que celui-ci apporte deux démissions. Cette faculté est tolérée, parce qu'en général la vente du tabac ne peut être à Paris qu'un accessoire à un autre commerce, à cause du prix élevé de location des boutiques et des frais considérables que nécessite l'établissement. A chaque mutation, le gouvernement peut néanmoins disposer d'un bureau en faveur d'une personne qui a des titres à sa bienveillance. Tout en flétrissant sévèrement les trafics électoraux que

Digitized by Google

l'on a pu faire des bureaux de tabac et des bureaux de poste, on doit avouer que c'est un moyen de récompense placé très justement entre les mains du pouvoir.

Voici quels sont les prix des différents tabacs livrés à la consommation par la Régie.

	Prix de revient du kil.	Prix de vente au débitant.	Prix de vente au consomm.	Bénéfice de la Régie par kil.
Tabacs supérieurs.	fr. c	fr. c,	fr. c.	fr. c.
Tabac à priser. .	2.09	11.10	12 »»	9.01
Tabac à fumer. .	2.47	11.10	12 »»	8.62
Rôles à mâcher. .	2 63	9.80	11 »»	7.17
Carottes à râper. .	2.03	9.50	10 »»	7.47
Cigares à 10 c. .	7.42	22 »»	25 »»	14.58
Cigares à 5 c. . .	3.45	11 »»	12.50	7.55
Tabacs ordinaires.				
Tabac à priser. .	1.44	7 »»	8 »»	7.56
Tabac à fumer. .	1.98	7 »»	8 »»	5.02
Rôles à mâcher. .	» 92	7 »»	8 »»	5.08
Carottes à râper. .	1.93	7 »»	8 »»	5.07
Tabacs de cantine.				
Tabac à priser. .	1.36	5.55	6.50	4,26
	1.06	3.40	4 »»	2.34
	» 95	2.55	3 »»	1.60
	» 90	2.15	2.50	1.25
	1.92	5.55	6,50	3.53
Carottes, gros rôles et tabac haché.	1.69	3.40	4 »»	1.71
	1.45	2.55	3 »»	1.10
	» 95	2.15	2.50	1.10
	» 00	1.70	2 »»	» 80
Cig. de la Havane.				
Cigares à 25 c. .	32.47	56 »»	62.50	23.35
Cigares à 15 c. .	20.21	32.50	37,50	12.30

Le kilogramme contenant 250 cigares, on reconnaît que la Régie bénéficie de 9 c. et demi sur le cigare à 25 c., et de 5 c. sur le cigare à 15 c. Ce n'est que depuis 1842 que la Régie vend les cigares de la Havane, dits *régalia*, 25 c. Elle a augmenté de 5 c. le prix de chaque cigare, afin d'établir une grande différence entre les deux espèces de cigares de la Havane, dans l'espoir d'écouler plus facilement les cigares à 15 c. qui encombrent les magasins et qui sont souvent d'une qualité tout à fait inférieure. La vente des panatelas à 50 et à 60 c. et des cigarettes n'a pas encore grande importance.

La Régie vend en outre à la marine, aux hospices et aux droguistes, des tabacs fabriqués ou en feuilles, à des prix inférieurs; mais cette vente est fort peu considérable.

En résumé, la vente des tabacs, suivant les espèces, se récapitule ainsi :

	Quantités vendues.	Montant de la vente par la Régie aux débitants.	Montant de la vente par les débitants aux consommateurs.	Différence représentant le bénéfice des débitants.
Tabacs supérieurs (y compris cigares et cigarettes).	k. 636230	fr. 11940044	fr. 13493791	fr. 1553747
Tabacs ordinaires.	12012257	84085797	96098055	13012257
Tabacs de cantine.	4758105	40670915	42528162	11857246
Totaux.	17386592	106696786	122120006	15423220

ou, sous une autre forme, en comptant les rôles, les cigares et les cigarettes dans les tabacs à fumer, les carottes dans les tabacs à priser, et les ventes directes des entreposeurs aux consommateurs :

Tabacs à priser. .	6.743.337 kil. pour	45.160.354
Tabacs à fumer. .	10.664.661	61.836.560
Totaux. . .	17.407.948 kil.	106.996.914

§ XXIV. *Importation de tabacs fabriqués.* L'importation des tabacs fabriqués est frappée de droits très forts qui élèvent de beaucoup au-dessus du prix des tabacs de la Régie, la valeur de ceux que, sous prétexte de santé ou d'habitude, quelques personnes tiennent à introduire. Ces droits ont été en 1844 :

De 6.678[f]	pour 668[k]	de tabacs à	10 fr.
538	36		15
90.809	1.009	cigares à	90 fr. le mille.
60.469	1.679		36 fr. le kil.

§ XXV. *Exportation de tabacs fabriqués.* Les tabacs de la Régie livrés aux prix ordinaires payés par les débitants aux entreposeurs auraient du mal à soutenir la concurrence à l'étranger avec les nombreuses sortes de tabacs qu'on y trouve, quoique ces tabacs soient pour la plupart du temps inférieurs aux tabacs français. Afin de favoriser l'exportation de ses tabacs la Régie a accordé des primes de 40 p. 100 sur les tabacs supérieurs, de 25 et de 15 p. 100 sur les tabacs ordinaires. Malgré cette faveur la vente pour l'exportation n'a pas encore pris d'importance réelle. En 1844, 34.630 kil. de tabacs ont été exportés avec primes et ont donné les résultats suivants :

	Produit brut.	Primes allouées.	Produit net.
Primes de 40 p. 100	39.888[f]	15.955[f]	23.933[f]
— 25	197.969	49.492	148.477
— 15	10.802	1.620	9.182
Totaux.	257.359[f]	67.067[f]	190.292[f]

§ XXVI. *Bénéfice réel de la Régie.* Le bénéfice réel que fait la Régie se compose de l'excédant de toutes ses recettes sur toutes ses dépenses, plus de l'augmentation survenue dans son capital; il ne comprend donc pas seulement les sommes mises annuellement par la Régie à la disposition du trésor. Le capital qui à l'origine du monopole ne s'élevait qu'à 25.568.400 fr., était au 31 décembre 1844 de 77.476.248 fr. Les bénéfices réels ont suivi constamment une progression croissante depuis 1811, ainsi qu'il résulte des chiffres suivants :

Dans les six derniers mois de 1811, et les années 1812, 1813 et 1814, les bénéfices ont été de 93.355.842 fr.

En 1815	32.123.303 fr.	En 1831	45.920.930 fr.
» 1816	33.355.321	» 1832	47.751.597
» 1817	39.182.994	» 1833	49.230.280
» 1818	41.705.861	» 1834	50.813.714
» 1819	41.412.893	» 1835	51.700.181
» 1820	42.249.604	» 1836	55.629,540
» 1821	41.950.997	» 1837	59.008.112
» 1822	41.584.489	» 1838	61 682.425
» 1823	43.129.723	» 1839	66.001.841
» 1824	44.030.453	» 1840	70.111.157
» 1825	44 993.057	» 1841	71.989.095
» 1826	45.728.982	» 1842	73.804.142
» 1827	46.385,633	» 1843	77.368 735
» 1829	46.375.633	» 1844	79.499.379
» 1830	45.632.490		

Ainsi se trouve réalisée la prédiction de Napoléon que le monopole des tabacs devait arriver à verser annuellement 80 millions dans les coffres de l'Etat.

La totalité du revenu produit par l'impôt du tabac monte à 1.626.414.983 fr., somme énorme qui n'aurait jamais pu être obtenue par un autre régime que celui que nous venons de développer dans tous ses détails. On ne peut élever aucun doute sur ce fait, quand on compare le revenu actuel à celui qu'eût produit l'impôt sur le tabac pendant la période de 11 années qui a été marquée par tous les essais infructueux qui ont amené cette mesure si favorable au trésor. Pendant ces 11 années, l'impôt n'a produit en effet que 122 millions, c'est-à-dire beau-

Digitized by Google

coup moins que le produit de deux années actuellement, et à peine le produit de quatre années à l'origine du monopole. D'ailleurs, nous l'avons dit, le monopole est le seul régime qui garantit au consommateur la livraison d'un bon tabac, car il est facile d'empêcher la Régie de faire de mesquines économies, propres seulement à mécontenter le public.

§ XXVII. *Consommation individuelle.* Nous avons vu au § XXIII que la France consomme maintenant plus de 17 millions de kil. par an. En calculant la consommation individuelle, on trouve par tête, en 1844, 511 grammes ; en rapprochant ce résultat des détails donnés au § V sur la consommation étrangère, on reconnaît qu'un Français consomme autant de tabac qu'un Russe, deux fois plus qu'un Italien, mais trois fois moins qu'un Allemand ou un Hollandais, et quatre fois moins qu'un Belge.

Sur le total de 511 grammes consommés par tête en France, il y a 198 gr. de tabac à priser et 313 de tabac à fumer, c'est-à-dire que l'habitude de fumer est à celle de priser comme 158 est à 100. Cette proportion est bien loin d'avoir toujours existé, car, d'après M. de Necker, la consommation individuelle totale était, sous le régime de la ferme, en 1783, de 320 à 375 grammes, et la consommation du tabac à fumer n'était que le 1/12e de la totalité du tabac vendu, c'est-à-dire de 30 grammes environ. La différence de proportion indique quel changement de goût s'est opéré ; la quantité individuelle de tabac à priser n'a pas augmenté, tandis que celle du tabac à fumer a plus que décuplé.

La consommation individuelle varie d'ailleurs considérablement d'un département à un autre. Les départements où elle est la plus grande sont les suivants :

	Tabac à priser.	Tabac à fumer.	Totaux.
Pas de Calais. . .	169g	1.436g	1.605g
Nord.	134	1.430	1.564
Seine.	539	724	1.263
Haut-Rhin.	272	878	1.150
Bouches-du-Rhône.	320	826	1.146
Bas-Rhin.	262	638	900

Les départements où elle est la plus faible sont :

Aveyron.	108g	40g	148g
Lozère.	115	45	160
Charente.	130	45	175
Tarn.	126	49	175
Haute-Loire. . . .	85	90	175
Ariége.	127	53	180
Gers.	123	61	184
Lot.	152	39	191
Deux-Sèvres. . . .	138	60	198

Il résulte de ce rapprochement ce fait très remarquable que dans les départements où la consommation individuelle est la plus forte, la consommation du tabac à fumer l'emporte de beaucoup sur celle du tabac à priser, tandis que précisément le contraire se présente dans les départements où la consommation individuelle est la plus faible. C'est que l'usage du tabac à priser est celui que l'on prend le plus facilement et doit par conséquent dominer dans les contrées où la passion du tabac n'a pas encore pénétré. Lorsque, au contraire, on a vaincu le premier effort que demande l'usage de la pipe ou du cigare, le goût du tabac à fumer ne tarde pas à devenir dominant. D'autre part, l'usage du tabac à priser est en quelque sorte l'apanage de la vieillesse, et dès lors cet usage prend très peu d'extension. L'usage du tabac à fumer, adopté par la jeunesse et l'âge mûr, se répand beaucoup plus et s'accroît surtout dans les départements industriels où se trouvent réunis un grand nombre d'hommes voués aux travaux des manufactures. C'est à peine si de 1836 à 1844, en 9 ans, la consommation du tabac à priser s'est accrue de 700,000 de kil., tandis que celle du tabac à fumer s'est accrue de plus de 3 millions de kil. BARRAL.

TAFFETAS D'ANGLETERRE. On prépare le taffetas d'Angleterre en étendant du baume du Pérou dissous dans quatre fois son poids d'alcool sur du taffetas déjà recouvert d'une couche de colle de poisson.

TAILLER (MACHINE A) LES DENTS D'ENGRENAGE. Dans la construction des engrenages en fonte, quel que soit le soin qu'on apporte à la confection des modèles et au moulage, jamais on n'arrive à des pièces brutes assez bien fondues pour avoir un engrènement doux et sans choc ; aussi est-on dans l'habitude de rediviser et de retailler toutes les dents. Cette opération se fait de deux manières, à la main et à la machine.

Pour faire ce travail à la main, il faut d'abord tracer sur la pièce la forme exacte des dents, après quoi l'ouvrier n'a plus qu'à suivre avec le burin et la lime les traits marqués. Pour faire le tracé des dents, on fait venir à la fonte les dents de 2 à 3 millim. plus fortes dans toutes leurs dimensions, on dresse sur le tour les deux faces latérales bien parallèlement l'une à l'autre, puis on tourne la surface extérieure, et en même temps on trace le cercle primitif. Cela fait, on pointe le milieu des dents, on en marque l'épaisseur, et, avec un compas, on trace les courbes qui déterminent leur forme. Ensuite, et pour le cas d'une roue droite, prenant une équerre à talon ou T, dont l'une des branches s'appuie sur la face qui vient d'être divisée et l'autre sur le pourtour de la roue, on trace par des lignes parallèles la partie supérieure de la dent, en plaçant successivement cette équerre sur l'intersection des courbes avec l'arête circulaire de la roue. Cette opération demande beaucoup de soin et de précision, parce que le succès de la suivante en dépend. Celle-ci consiste à tracer sur la deuxième face la forme de la dent, de manière qu'elle soit, autant que possible, identique et symétrique à celle qui se trouve sur la première face. On se sert pour la tracer des rayons dont on s'est servi pour tracer la première, et on a pour repère l'intersection des traits parallèles, avec l'arête circulaire, correspondante à cette deuxième face.

Le tracé terminé, un ouvrier enlève au burin et à la lime l'excédant de fonte, en ayant soin de suivre le plus exactement possible les traits indiqués.

Dans les roues d'angle, les traits qui indiquent l'épaisseur de la dent à la partie supérieure ne sont plus parallèles, ils convergent tous vers le sommet du cône. Pour les tracer, on se sert d'une règle en fer, qui tourne autour du sommet de ce cône en s'appuyant sur la surface extérieure des dents. On recherche le sommet du cône à l'aide d'un autre cône en bois, portant à sa partie inférieure un cylindre qui s'ajuste dans la lumière de la roue, et terminé à sa partie supérieure par une pointe en fer, sur laquelle vient se fixer la règle à tracer. En l'enfonçant plus ou moins, on arrive par tâtonnement à trouver le sommet du cône, ce qu'on reconnaît sans aucun doute, quand la règle s'appuyant sur la pointe en fer, s'applique exactement et partout sur le pourtour de la roue.

Quel que soit le soin qu'on apporte à une semblable division, qu'avec une grande habitude seule on peut rendre satisfaisante, il est impossible d'arriver à des résultats identiques pour des roues de même dimension et pour deux roues qui doivent engrener l'une avec l'autre.

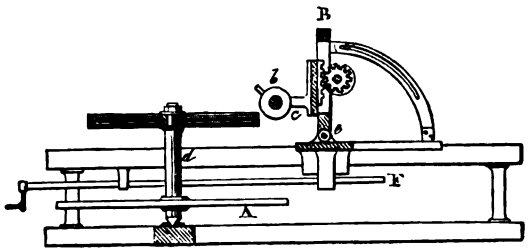
Aussi a-t-on cherché à substituer au travail manuel un travail mécanique, plus commode et plus rigoureux. Les machines à tailler les engrenages résolvent ce problème, et aujourd'hui elles sont employées dans presque tous les ateliers de construction ; en outre, les grandes dimensions qu'on est parvenu à leur donner, permettent

Digitized by Google

de diviser mécaniquement la presque totalité des roues employées dans l'industrie.

Ces machines, où les deux opérations de la division et de la taille se trouvent réunies, se composent de deux parties distinctes, d'une plate-forme et d'un porte-outil.

La plate-forme est un plateau horizontal A (fig. 2403), en cuivre ou en fonte, sur lequel sont tracées un certain nombre de circonférences concentriques, divisées en des nombres différents de parties égales. C'est sur cette plate-forme, mobile autour d'un axe vertical *a*, qu'on fixe la roue à tailler.



2403.

Le porte-outil est un châssis en fonte B (fig. 2404), portant des glissières, entre lesquelles se meut le support de l'outil *c*. L'outil est généralement une fraise montée sur un arbre horizontal *b*, animé d'un mouvement de rotation très rapide ; de sorte que l'approchant et l'abaissant à mesure qu'elle pénètre dans la fonte, elle enlève l'excédant de matière et forme le vide de la dent.

La plate-forme étant mobile autour d'un axe vertical, on conçoit qu'en amenant successivement chaque division de la circonférence dont les divisions correspondent au nombre de dents de la roue, on pourra la diviser en dents à peu près identiques. La seule cause d'erreur résiderait dans la plus ou moins parfaite division de la plate-forme, et aussi dans la bonté de la fraise.

Le porte-outil a un mouvement de translation qu'on lui communique à l'aide d'une vis sans fin. On peut aussi l'approcher ou l'éloigner du centre du plateau, et diviser des roues de différents diamètres. Outre ce mouvement de translation, le porte-outil a un mouvement de rotation autour d'un axe horizontal *e*, placé à la partie inférieure, et qui permet de l'incliner plus ou moins ; c'est afin de s'en servir pour tailler aussi les roues d'angle.

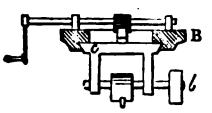
Dans les engrenages de petites dimensions, en bronze et en fer, on découpe directement les dents sur la machine. Pour les engrenages de grandes dimensions, on les fait venir à la fonte, mais on s'arrange de manière à avoir au moins deux à trois millimètres à enlever de chaque côté ; le travail n'est pas plus long et use beaucoup moins les outils.

Il faut attacher beaucoup de soins à la taille des engrenages ; leur bonne exécution est très importante. Ainsi des engrenages bien divisés résistent mieux que les autres, parce qu'ils donnent moins de choc et qu'ils ont un mouvement plus doux, plus uniforme.

Dans les machines à diviser, la pièce qui exige dans sa construction un soin tout particulier, c'est la plate-forme ; là, on le conçoit, est toute la valeur de la machine.

Aussi la division de ces plates-formes en circonférences concentriques, divisées elles-mêmes en un certain nombre de parties égales, mais différent, est une opération longue et minutieuse. Le premier moyen qui a été employé a été de diviser par tâtonnements et à la main une autre circonférence concentrique, mais d'un rayon beaucoup plus grand, de manière qu'en rapportant par des rayons les divisions de la première sur la deuxième, les erreurs fussent atténuées dans le rapport de leurs dimensions.

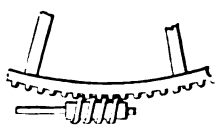
Cette méthode conduit nécessairement à refaire la même opération pour chaque nouvelle circonférence qu'on veut diviser en un certain nombre de parties égales, ce qui est très long et sujet à beaucoup d'inexactitude, puisqu'en définitive la première division se fait par tâtonnements et à la main.



2404.

Ce qu'on doit chercher, c'est une méthode qui ne laisse aucun tâtonnement, et qui n'oblige pas à recommencer pour une nouvelle circonférence les essais faits pour une autre.

Les méthodes employées aujourd'hui par la plupart des fabricants d'instruments de précision, reposent sur la division exacte de la circonférence extérieure d'un plateau, en parties égales très petites, à l'aide d'une vis tangente d'un pas très fin (fig. 2405). Expliquons-nous : soit un plateau en cuivre ou en fonte de 2m de diamètre, par exemple, porté sur un axe vertical, on divise avec un taraud ou vis sans fin, d'un pas de 1 millim., le pourtour de ce plateau en divisions qui seront équidistantes entre elles de 1 millimètre, et comme cette quantité est très petite, elle se trouvera renfermée sensiblement un nombre exact de fois dans la circonférence. Ce nombre est indiqué par un compteur, qui marque le nombre de révolutions que fait la vis sans fin pour un tour entier du plateau. Supposons que ce nombre de divisions soit 10.000, le compteur étant divisé en 100 parties, par exemple, on pourra apprécier des 100e de millim., puisque chaque division de la plate-forme est de 1 millim. C'est donc comme si on l'avait divisé en 1.000.000 de parties, et alors si on a une circonférence à diviser en un nombre premier de parties, pourvu que ce nombre ne dépasse pas 1.000, on pourra atteindre à une division suffisamment exacte.



2405.

Soit, par exemple, une circonférence à diviser en 101 parties, le nombre 101 est contenu dans 1.000.000, 9900,99 ou 9,901 fois, ce qui fait dire que chaque division de la circonférence à diviser contiendra 99 divisions de la première, plus une fraction 0,01, qui s'apprécie par une division du compteur.

C'est par un calcul et une opération analogues qu'on obtiendra les divisions des circonférences, suivant tel nombre qu'on voudra, pourvu qu'il soit assez petit pour être contenu un grand nombre de fois dans le nombre

Digitized by Google

total des divisions appréciables, car c'est sur cette hypothèse que repose l'exactitude de la méthode.

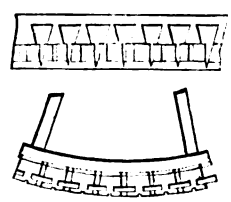
Le pointage de ces divisions sur la plate-forme n'est plus qu'une opération très simple, et qui se fait à l'aide d'un foret placé au-dessous et manœuvré à la main.

Quelque soin qu'on apporte à la division de ces plates-formes, on ne peut pas compter sur une précision mathématique. Les divisions faites sur la circonférence extérieure, bien que petites, pour éviter des erreurs, en laissent encore; ainsi, sur les 10.000 divisions supposées, il arrive qu'en comptant le nombre des divisions contenues dans chaque quart de la circonférence, ce nombre n'est pas égal; de là des causes d'erreurs qui nécessitent des corrections minutieuses. Nous ne voulons pas entrer dans tous ces détails d'application; notre but a été de donner l'idée générale, et surtout le principe de la construction de ces appareils.

Nous allons maintenant nous occuper d'une nouvelle machine à diviser de M. Decoster, qui est fondée sur la division variable et exacte d'une très grande circonférence, laquelle sert ensuite à diviser des circonférences plus petites.

Cette machine se compose d'une grande roue verticale, placée à l'extrémité d'un arbre horizontal tournant sur deux coussinets. La surface annulaire de cette roue est divisée en parties égales par un certain nombre de petits blocs, ou parallélipipèdes en fonte d'alliage particulier, fondus par les procédés de la fonderie en caractères, car leur identité est la condition essentielle de la précision du procédé. Ces blocs (fig. 2406 et 2407) sont maintenus en s'engageant dans une coulisse annulaire. Ils peuvent à volonté être enlevés ou remplacés, de façon qu'en diminuant ou augmentant ainsi le nombre des divisions, elles conservent leur équidistance. Un levier d'arrêt, placé sur le côté, maintient la roue fixe aux points de divisions qu'on veut avoir, en s'engageant dans des encoches faites sur le milieu de chaque bloc.

2406.



2407.

La plate-forme à diviser se monte sur l'axe même de la roue, et un foret horizontal placé en avant y marque les divisions.

Détaillons maintenant cet ensemble :

La grande roue, d'un diamètre de $2^m,63$, est tournée extérieurement; dans l'épaisseur de la jante se trouve une rainure à talons, dans laquelle viennent se placer 400 petits blocs fondus, tous exactement semblables, et tels qu'ils forment ensemble une circonférence de 8 mèt. de développement.

On enfile ces blocs dans la rainure par une ouverture latérale qu'on referme ensuite. Les blocs ont sur la jante de la roue une saillie de 1 centim.; ils portent à leur partie supérieure et en leur milieu une encoche, et de chaque côté des rainures obliques affleurant la jante, et sur lesquelles viennent presser des coins triangulaires, qui écartent les blocs quand on en enlève quelques-uns, de façon que leur écartement de centre en centre présente toujours des dimensions égales.

Le mouvement d'avance leur est donné par un anneau en fonte, concentrique avec la roue, et qui, manœuvré par des poignées glissant dans une rainure héliçoïdale, faite dans la jante, la fait avancer jusqu'à ce que les coins aient marché de la quantité nécessaire pour remplir le vide produit par l'enlèvement des blocs.

Ces blocs étant identiques et les coins égaux, toutes les circonférences qu'on tracera seront divisées en parties égales.

La construction de cet anneau demande beaucoup de soins; il faut que la partie latérale sur laquelle les coins s'appuient soit dressée bien plane, pour qu'ils y portent tous; il faut aussi lui donner assez de largeur pour l'empêcher de se voiler. La quantité dont il avance n'est pas toujours égale sur toute la circonférence, il y a souvent eu quelques points du retard, qui provient de l'inégalité dans les hélices, qui sont au nombre de six.

On corrige ce défaut en poussant l'anneau là où il est en retard à l'aide de sergents, dont la vis appuie sur le pourtour.

Il faut avoir soin dans cette manœuvre des coins, de presser ni trop, ni trop peu. Dans le premier cas, on tendrait à comprimer les blocs et à les déformer, et dans le deuxième, il pourrait y avoir entre eux du jeu, ce qui rendrait les divisions inégales. Pour s'assurer du point d'arrêt, on marque à l'aide d'un vernier la quantité dont cet anneau de pression doit avancer ou reculer, et cette quantité, qui dépend du nombre de blocs enlevés, est donnée par une table calculée à cet effet.

Un levier, placé sur le côté de la roue, porte une saillie, qui épouse exactement la forme de l'encoche faite dans les blocs, et assez profonde pour maintenir bien fixe le système.

Ce levier, assez long, est aminci de manière à faire ressort sur lui-même, de façon à s'appliquer exactement dans les encoches. Il est porté sur un châssis glissant entre des glissières et mû par une vis sans fin, qui permet de l'approcher ou de l'éloigner de l'axe de la roue, et le rendre tout à fait libre.

Pour faire sur les plates-formes qu'on divise l'empreinte des divisions, on place un foret horizontal, qu'on peut manœuvrer dans deux sens, l'un perpendiculaire à la plate-forme, pour percer les divisions, l'autre parallèle, pour tracer les circonférences de différents diamètres.

Cette machine, construite suivant les dimensions que nous avons données, peut, par l'enlèvement de 200 blocs, donner directement toutes les divisions de 200 à 400, ainsi que les nombres diviseurs de ceux compris dans cette série.

Telle est la machine de M. Decoster, simple dans sa construction, peu coûteuse d'établissement et d'entretien, ce qui doit dans les arts mécaniques lui faire donner la préférence sur beaucoup d'autres; ajoutons aussi qu'elle donne des divisions suffisamment exactes pour la pratique.

M. Decoster emploie cette machine pour tailler les roues d'engrenages, et pour cela il les fixe, comme une plate-forme à diviser, sur l'axe de la roue. Pour les maintenir fixes, il saisit la couronne entre deux mordaches mobiles, placées sur le support de l'outil, et manœuvrées par une vis sans fin. L'engrenage centré et calé, et les blocs disposés de manière à donner le nombre de divisions correspondant au nombre de dents, on découpe le vide de la dent à l'aide d'une fraise *f*, qu'on fait avancer parallèlement à l'axe de la machine.

Cette fraise diffère de celles employées jusqu'ici, en ce qu'elle est animée d'un mouvement de rotation, selon son axe, comme un foret. Sa forme présente, en coupe longitudinale, celle en creux de la dent, et sa surface, qui est circulaire, porte des rainures héliçoïdales nécessaires pour entamer la fonte. Elle se visse sur un axe horizontal, qui reçoit d'un moteur un mouvement de rotation. Ces fraises ainsi construites sont préférables aux autres, parce que, quelle que soit la grandeur de l'engrenage, elles exigent peu d'acier, réussissent presque toujours à la trempe, demandent moins de main-d'œuvre, coûtent par conséquent moins cher.

Le porte-outil peut, en desserrant la vis, se mettre

Digitized by Google

de façon que la fraise marche obliquement à l'axe de la machine, et permette ainsi de tailler les roues d'angle, qu'on est cependant, dans ce cas, obligé de retoucher à la main, parce qu'avec l'outil on ne peut faire que des rainures droites, et que dans les roues d'angles elles sont obliques. Ceci est un inconvénient; on ne devrait jamais avoir à retoucher à un engrenage divisé par une machine.

En résumé, nous venons de voir deux systèmes de machines à tailler les engrenages, dans l'un les roues sont placées sur un axe vertical, dans l'autre sur un axe horizontal. Ces deux systèmes sont bons si les plates-formes sont bien divisées, et si elles sont d'un diamètre supérieur à celui des roues à tailler, afin d'atténuer autant que possible les erreurs qui peuvent se trouver sur les premières divisions. MATHIEU.

TALC. Minéral gras et onctueux au toucher, ayant beaucoup d'analogie avec le mica, dont il diffère surtout en ce qu'il n'est pas élastique (voyez GÉOLOGIE)

TAMIS. Un tamis consiste en un cercle ou tambour, généralement en bois, sur lequel se trouve tendue une toile dont le tissu est d'autant plus serré qu'on veut obtenir une poussière plus fine; cette toile est en fil de métal, en crin, en fil de chanvre, en gaze ou en soie, selon l'usage qu'on en veut faire. On l'applique en la tendant sur le bord du cercle, et on fait entrer de force un autre cercle d'un diamètre un peu plus petit : la toile se trouve ainsi arrêtée et tendue; on coupe ensuite ce qui dépasse les bords du petit cercle. Quelquefois on recouvre l'ouverture d'un autre tamis dont l'étoffe est remplacée par une peau, et qui entre comme un couvercle de tabatière, pour enfermer exactement la poudre qu'on veut tamiser et n'en rien perdre.

TAM-TAM. Les tam-tam et les cymbales se font avec un bronze qui contient, cuivre 0.80 et étain 0,30; cet alliage offre la singulière propriété d'être très cassant lorsqu'il a été refroidi lentement, et au contraire de devenir malléable lorsqu'après l'avoir chauffé au rouge-sombre on le trempe en le plongeant dans l'eau froide; ce n'est que depuis que feu M. d'Arcet a découvert cette propriété, qu'on est parvenu à fabriquer en France ces instruments qu'on tirait exclusivement, autrefois, les cymbales de Turquie et les tam-tam de Chine.

TANNAGE. Les peaux sont formées d'une matière animale que l'ébullition avec l'eau transforme aisément en gélatine (voyez COLLE-FORTE et GÉLATINE). Elles s'imprègnent d'eau et se putréfient dans les lieux humides; bien aérées, au contraire, elles se dessèchent et acquièrent une dureté et une roideur qui en rend l'usure par le frottement prompte et facile. On les rend imputrescibles, dans l'opération du tannage, en combinant la matière animale gélatineuse qui les compose avec du tannin qui forme avec elle un composé insoluble dans l'eau froide et d'une texture spongieuse : la peau qui a été tannée prend le nom de *cuir*. On achève de donner aux cuirs la souplesse et l'imperméabilité nécessaires par le corroyage qui consiste à les comprimer par le battage ou le cylindrage, en les imprégnant souvent en même temps de matières grasses.

Avant d'entrer dans le détail de ces opérations, il est indispensable de donner quelques détails sur les matières premières, les peaux et le tan.

Les *peaux* qui arrivent à l'atelier de tannage se divisent en trois catégories : les peaux fraîches, les peaux salées, et les peaux desséchées; c'est dans ces deux derniers états que nous arrivent les peaux de l'Amérique du sud. La nature propre des peaux nous portera à diviser la description des procédés de tannage en deux classes, suivant que l'on se propose d'obtenir des cuirs mous ou des cuirs forts : les cuirs mous se fabriquent avec les peaux de vaches, de veaux, de chevaux, etc.; les cuirs forts, avec les peaux de bœufs, de buffles, etc.

Les matières tannantes sont le tan et le sumac : le *sumac*, à cause de son prix élevé, n'est guère employé que pour le tannage des peaux destinées à la maroquinerie. Le *tan* n'est autre chose que de l'écorce de chêne, séchée, hachée, puis finement pulvérisée. L'époque à laquelle on enlève l'écorce n'est pas indifférente : ainsi, celle enlevée au printemps, quand la sève est en pleine activité, contient, d'après Davy, 6,04 p. 100 de tannin, tandis que celle recueillie en automne n'en renferme plus que 4,38. Pour enlever l'écorce de chêne, on en coupe une bande circulaire aux deux extrémités du tronc, puis on l'extrait par bandes en la fendant de haut en bas; on la sèche ensuite lentement et à l'ombre. On hache d'abord l'écorce sèche soit dans des pilons tranchants, soit au moyen de machines semblables au hache-paille à tambour, mais plus fortes; on les pulvérise ensuite, soit dans les pilons d'un bocard, soit dans des moulins à noix analogues aux moulins employés dans les cuisines pour broyer le poivre, le café, etc.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs mous. Ces peaux sont, comme nous l'avons dit, celles de vaches, de veaux, de chevaux, etc. On commence par les laver, s'il se peut, dans une eau courante, pour les ramollir et les dessaigner; cette opération ne dure que deux ou trois jours pour les peaux fraîches; elle est plus longue pour les peaux sèches et surtout celles qui sont salées, qu'il faut non seulement laver, mais fouler aux pieds, étirer chaque jour, passer au chevalet, etc., jusqu'à ce qu'elles soient convenablement assouplies.

Aussitôt le *dessaignage* terminé, on porte les peaux à l'atelier de *pelanage*, qui se compose ordinairement de cinq bassins rectangulaires, en bois ou en maçonnerie, remplis de lait de chaux plus ou moins fort; chaque bassin peut renfermer de cent cinquante à trois cents peaux; on fait passer celles-ci successivement dans les cinq bassins, en commençant par le *pelain mort*, c'est-à-dire le plus faible ou le plus épuisé, et finissant par le *pelain neuf*, ou le plus énergique que l'on vient de revivifier en y ajoutant de la chaux parfaitement éteinte et passée au tamis. Le pelanage dure de trois à quatre semaines. On emploie environ un hectolitre de chaux par vingt à vingt-cinq peaux de moyenne grandeur.

Le pelanage terminé, on procède au *débourrage* ou *épilage*, opération qui consiste, comme l'indique son nom, à enlever le poil en raclant la peau de haut en bas avec un couteau émoussé, dit couteau rond. Cela fait, on lave les peaux dans l'eau et on leur fait subir sur le chevalet les quatre opérations suivantes, en les lavant dans l'eau entre chacune : 1° On écharne, c'est-à-dire on enlève la chair et les impuretés qui restent attachées à la peau, avec un couteau tranchant, à lame circulaire; 2° on rogne les lambeaux inutiles de la peau et surtout les bords qui sont plus épais que le reste, avec un couteau de forme appropriée; 3° on adoucit le grain de la fleur, c'est-à-dire le côté du poil, avec une pierre à affûter emmanchée comme le couteau rond; 4° enfin, on nettoie parfaitement les deux côtés de la peau, avec un couteau à lame circulaire, jusqu'à ce que l'eau de lavage sorte bien limpide.

Les peaux ne sont pas encore suffisamment gonflées, pour être soumises au tannage proprement dit; on opère ce gonflement en les introduisant dans des cuves, contenant une dissolution de *tannée* (tan épuisé en grande partie dans les fosses et altéré par un long séjour à l'air) acide et faible, dite *jusée*, marquant 0°,4 à l'aréomètre; on relève les peaux chaque jour, pendant les trois à quatre premiers jours, en ajoutant à chaque immersion un à deux paniers de tannée et y agitant les peaux pendant quelques heures; on laisse ensuite les peaux en repos pendant trois ou quatre jours, puis on les

Digitized by Google

porte dans une dissolution de tan neuf marquant 0°,9; enfin, après avoir augmenté à deux ou trois reprises la force de la dissolution et agité à chaque fois les peaux comme ci-dessus, on les laisse reposer pendant une quinzaine de jours.

Au bout de ce temps on porte les peaux aux fosses où s'opère le tannage proprement dit : on place d'abord au fond des fosses une couche de vieux tan de 0m,15 environ, puis une couche de tan neuf de quelques centimètres ; on dispose par dessus les peaux en les séparant par des couches de tan et, enfin, au-dessus de la dernière couche de tan, on place une couche de tannée de 0m,33, que l'on recouvre de planches chargées de pierres. On fait alors arriver dans la cuve de l'eau déjà chargée de tan qui, humectant toutes les parties, dissout le tannin, le porte sur la peau, et détermine la combinaison avec la matière animale. Les fosses ainsi remplies contiennent six à sept cents peaux et sont abandonnées à elles-mêmes pendant quatre à huit mois ; pendant cet intervalle, on ne relève les peaux qu'une seule fois pour les disposer en sens inverse, celles de dessus au fond et réciproquement, entre de nouvelles couches de tan neuf.

Pour les peaux de cheval, on remplace le tannage proprement dit dans des fosses, par le *tannage à la flotte*, qui ne dure que trois semaines environ, et qui s'opère tout comme le travail des cuves ou mise en jusée, en employant des dissolutions de tan neuf de plus en plus fortes.

Tannage des peaux destinées à donner des cuirs forts. Ces peaux sont celles de bœufs, buffles, etc. ; leur préparation diffère de celle des cuirs mous en quelques points que nous allons faire connaître :

Le pelanage est supprimé et remplacé par une légère fermentation putride que l'on fait subir aux peaux entassées dans une chambre échauffée ; depuis quelques années, on remplace cette opération par une autre qui consiste à exposer les peaux, pendant 24 heures, à l'action de la vapeur d'eau dans une chambre ou étuve maintenue à une température entre 20 à 25°. On procède ensuite comme à l'ordinaire à l'épilage. Le gonflement des peaux au passage à la jusée, est très long lorsqu'on n'emploie que du jus de tan aigri ; on l'accélère considérablement en ajoutant à la jusée, dans tous les *passements*, excepté au premier, de l'acide sulfurique jusqu'à ce qu'il marque 10 à 12° au pèse-vinaigre. Enfin, le tannage en fosses dure de dix-huit mois à deux ans ; en Angleterre, on emploie de préférence le tannage à la flotte qui abrège l'opération, mais qui a l'inconvénient de donner aux cuirs une couleur foncée à laquelle les commerçants français ne sont pas habitués.

Les cuirs forts tannés sont nettoyés sur des tables en bois, au moyen de brosses ordinaires, puis séchés pendant quelques jours à l'air libre. Enfin, on termine le cuir en le martelant, soit à la main, soit au moyen du marteau mû par une roue hydraulique ou une machine à vapeur, soit en remplaçant le martelage par un frottement de roulement très énergique, produit par des rouleaux lamineurs que l'on charge de poids plus ou moins forts ; dans tous les cas, on facilite singulièrement le travail en chauffant, à la vapeur ou autrement, l'enclume ou le stoc sur lequel reposent les cuirs.

Passons maintenant à la description des modifications que l'on a proposé d'apporter au mode de tannage que nous venons de décrire.

L'emploi de la chaux dans le pelanage a l'inconvénient d'en laisser dans la peau, à l'état de combinaison insoluble, une certaine partie qui ralentit considérablement l'absorption du tannin. M. Boudet a proposé de lui substituer la soude caustique : avec cet alcali, le pelanage ne dure que de deux à trois jours, les peaux se dégorgent plus facilement sur le chevalet, et le tannage s'opère dans moitié moins de temps. 2 kilogr. de carbonate de soude dissous dans 50 litres d'eau et rendu caustique par l'addition de 1k,50 de chaux éteinte en poudre, suffisent pour le pelanage de 100k de peaux fraîches. On a aussi essayé le sulfure de calcium qui agit encore plus rapidement que la soude caustique, et qui facilite beaucoup le tannage ; les tanneurs accusent ce dernier procédé de donner des cuirs trop gonflés d'eau.

On a ensuite essayé d'accélérer le tannage par une action méthodique de la matière tannante, fondée sur la méthode de déplacement, et plusieurs fabriques emploient actuellement des procédés basés sur ce principe.

En Angleterre, N. W. Drake a proposé de plonger les peaux, après le gonflement, dans une légère dissolution de tan, où elles reçoivent un commencement de tannage ; on prend alors deux peaux, autant que possible de la même grandeur et de la même forme, que l'on place grain contre grain, puis on coud exactement et tout autour les bords qui se correspondent avec du gros fil ciré de cordonnier ; on suspend alors ce sac, puis, à l'aide d'un entonnoir passé dans une ouverture réservée à la partie supérieure du sac ; on remplit le sac avec une solution de tan froide ; bientôt la liqueur exsude peu à peu à travers le sac ; on la reçoit dans un vase placé au-dessous et on le reverse dans le sac. Lorsque les peaux deviennent dures et fermes, quoique toutes leurs parties soient également humides, on élève la température de l'atelier de tannage, de 20° jusqu'à 60°, en maintenant cette dernière chaleur, jusqu'à ce que les peaux soient devenues complétement dures et fermes sur tous les points ; on vide alors le sac, en coupant au fond quelques points de couture, et, après avoir coupé les bords, on termine les peaux à la manière ordinaire ; par ce procédé, dit l'inventeur, le tannage ne dure que dix à quinze jours.

MM. Knowlis et compagnie accélérèrent l'absorption du tannin, en suspendant les peaux dans un vase fermé hermétiquement, dans lequel on introduit une dissolution de tan, après y avoir fait le vide.

Enfin, M. Vauquelin a beaucoup diminué le temps du tannage, en opérant mécaniquement l'écharnage, en tannant presque complétement à la flotte et seulement à la fin, pendant une dizaine de jours, dans des fosses, en débourrant par l'exposition pendant 12 heures, dans des étuves, à l'action directe de la vapeur vésiculaire à 30°, et en soumettant fréquemment les cuirs à l'action de pilons dans une espèce de moulin à foulon.

Corroyage des cuirs mous. Les cuirs arrivant du tannage sont ramollis avec de l'eau, puis assouplis en les foulant aux pieds ; on les nettoie alors du côté de la chair, avec un couteau à tranchant émoussé, puis on les écharne ou drage du même côté, pour leur donner une moindre épaisseur, et par suite plus ou moins de souplesse, soit avec un couteau à tranchant dont le fil est rabattu à angle droit avec la lame, soit avec un couteau annulaire légèrement courbe, le vide central servant à passer la main.

Lorsque les peaux ont été nettoyées et dragées, on les tire à la paumelle ; celle-ci est une pièce de bois de 0m,30 de long sur 0m,11 de large, plate et unie en dessus, et bombée en dessous dans le sens de la longueur, de manière à ce que la plus grande épaisseur se trouve au milieu : la partie bombée est sillonnée de cannelures transversales peu profondes plus ou moins fines ; sur la partie plate se trouve une poignée en cuir. On opère comme suit : on plie un quartier de la peau, fleur contre fleur, on avance la paumelle et on la retire fortement, en ramenant par soubresauts le quartier de la peau qui frotte sur le milieu de la peau ; on agit de même sur les trois autres quartiers ; en répétant l'opération sur la fleur, on abat le grain que l'on vient de former et on rend la peau plus lisse et plus douce ; on termine quelquefois, dans ce dernier but, avec des paumelles plates en liége. On rend enfin les cuirs aussi

Digitized by Google

uniformes que possible en les étirant fortement sur une plaque en cuivre ou en fer, suivant que l'on craint ou non de colorer la peau, placée de champ et terminée par un tranchant arrondi. Les cuirs corroyés qui sont livrés au commerce après avoir seulement subi les préparations que nous venons de décrire, sont connus sous le nom de *cuirs étirés*.

Les *cuirs en suif*, employés surtout par les selliers et les bourreliers, se préparent en flambant légèrement à un feu clair les cuirs étirés, les étendant sur une table, et appliquant sur les deux faces et en plus grande quantité du côté de la chair, du suif fondu, au moyen d'un pinceau en laine: on laisse le cuir s'imbiber 8 à 10 heures, on le foule, on passe la paumelle du côté de la chair, on tend la peau sur une table, la fleur en dessus, on l'unit avec l'etire, on essuie avec les débris du dragage pour enlever l'excès de suif, puis on noircit immédiatement en posant successivement trois couches de noir, au moyen d'un torchon de laine ou d'une brosse de crin. La liqueur tinctoriale qui altère le moins le cuir s'obtient en faisant digérer de la vieille ferraille dans du vin ou de la bière aigres; le sel soluble de fer obtenu réagit sur le tannin du cuir et produit du tannate de fer insoluble d'un beau noir. Après la mise en couleur, on passe une couche de bière aigrie, on donne le grain avec la paumelle, on dégraisse la fleur en frottant avec un morceau de laine, on fait reparaître le grain avec une paumelle fine, et on lustre la peau avec une décoction d'épine-vinette.

Les *cuirs en huile* se préparent comme les cuirs en suif, à cette différence près, qu'on remplace le suif par de l'huile de poisson ou mieux par le dégras des chamoiseurs, qui est un mélange d'huile de poisson, et de la potasse qu'on emploie pour dégraisser les peaux qui se passent en chamois.

Quand on veut conserver aux cuirs en suif et en huile leur couleur naturelle, on supprime la teinture en noir et on donne le lustre avec une infusion de graine d'Avignon et de safran dans de la bière.

Cuirs de Russie. Les cuirs de Russie se préparent comme suit : on traite d'abord les peaux comme dans le tannage ordinaire, puis après que l'on a écharné et donné les façons sur le chevalet, on les fait macérer 48 heures, dans un bain que l'on prépare en prenant 1 kil. de farine de seigle pour dix peaux, la faisant fermenter avec du levain, et délayant dans une quantité d'eau suffisante; on transvase les peaux dans des cuves pleines d'eau où on les laisse dégorger, puis on les lave à la rivière; on les plonge et les travaille ensuite deux fois par jour, pendant quinze jours, dans une décoction d'écorce de saule; enfin, on les imprègne du côté de la chair avec l'huile empyreumatique provenant de la distillation de l'écorce de bouleau. Le cuir ainsi obtenu est coloré en rouge et très recherché, parce qu'il n'est pas sujet à se moisir à l'humidité et qu'il n'est jamais attaqué par les insectes qu'il éloigne même de son voisinage par sa forte odeur.

Cuirs hongroyés. Les cuirs hongroyés, ou cuirs de Hongrie, diffèrent des cuirs tannés, en ce que l'on remplace le tan par du chlorure d'aluminium, obtenu par double décomposition au moyen de l'alun et du sel marin, et par du suif dont on imbibe le cuir. On remplace presque toujours l'épilage à la chaux par un rasage soigné. Après l'écharnage, on plonge les peaux et on les piétine dans une dissolution chaude de 2 1/2 à 3 kil. d'alun, et de 1 1/2 à 2 kil. de sel marin; on les passe et les piétine ensuite dans de l'eau chaude, puis on recommence une seconde fois la même série d'opérations; on les laisse ensuite tremper huit jours dans de l'eau alunée, on les fait sécher, soit à l'air, soit dans une étuve, et lorsqu'ils sont suffisamment secs on les pietine de nouveau, puis on les blanchit par l'exposition au soleil. On les passe enfin en suif à peu près comme à l'ordinaire. Les cuirs ainsi fabriqués ont beaucoup de force et de souplesse; ils sont particulièrement recherchés par les bourreliers-selliers.

Mégisserie. Les mégissiers conservent également les peaux par le chlorure d'aluminium: ils traitent les peaux de mouton et de chevreau pour la ganterie, ainsi que celles qui doivent conserver leur poil. L'épilage se fait en barbouillant le côté de la chair avec une bouillie de chaux et de sulfure d'arsenic (orpiment); au bout de vingt-quatre heures, le poil se détache avec la plus grande facilité. Après l'écharnage et les façons données sur le chevalet, on fait gonfler les peaux en les immergeant pendant trois semaines en hiver, et deux ou trois jours seulement en été, dans un bain de son qui en renferme 200 grammes par peau; on les immerge ensuite dans une dissolution chaude renfermant, par peau, 600 à 900 grammes d'alun et 150 à 200 grammes de sel marin. On les passe enfin au blanc, en les laissant tremper une nuit entière dans un bain composé, par peau, de 600 à 700 grammes de farine et d'un demi-jaune d'œuf, que l'on pétrit jusqu'à consistance du miel, en y ajoutant la liqueur saline tiède qui a servi à l'opération précédente. On les sèche le plus promptement possible. On les humecte en les plongeant quelques instants dans un baquet d'eau, puis on les étire au palisson. Lorsqu'on doit conserver le poil, on supprime l'épilage.

Chamoiserie. Le chamoiseur emploie les mêmes peaux que le mégissier, et les premières opérations sont les mêmes, seulement au sortir du bain de son, il imprègne la peau d'huile de poisson, par des foulages répétés dans une sorte de moulin à foulon. On passe ensuite la peau dans une étuve légèrement chauffée, pour faciliter l'absorption de l'huile; on leur donne la façon sur le chevalet; on les dégraisse en les faisant tremper pendant une heure dans une lessive tiède de potasse, marquant 2 degrés à l'aréomètre; on les retire et on les tend; enfin, on termine en les étirant au palisson.

Maroquin. Le maroquin se fait avec des peaux de chèvre, et souvent même de mouton. On fait revenir les peaux sèches pendant deux à quatre jours dans de l'eau d'une opération précédente; on les écharne; on opère l'épilage à la chaux et on fait dégorger avec le plus grand soin, soit dans une roue à laver, soit en les faisant digérer vingt-quatre heures dans un bain de son aigri. Les peaux destinées à être teintes en rouge sont alors cousues deux par deux, la chair en dedans, de manière à former un sac, puis passées dans un bain de chlorure d'étain, et ensuite dans un bain de cochenille. Après les avoir rincées on les tanne, en décousant une partie du sac pour y introduire la quantité de sumac nécessaire au tannage, gonflant le sac en y insufflant de l'air, liant vivement l'orifice avec une ficelle, puis les agitant sans cesse en tous sens, pendant quatre heures, dans une faible dissolution de sumac, après les avoir relevées deux fois en vingt-quatre heures, le tannage est terminé. Les peaux qui doivent recevoir une couleur autre que le rouge, sont immédiatement tannées à la flotte, au sumac, après le dégorgeage; on les nettoie ensuite, on les sèche et on les met en magasin. Avant de les teindre, on les fait revenir en les plongeant dans de l'eau à 30°, puis les soumettant à un foulonnage énergique; on les nettoie ensuite et on les plie en deux, chair contre chair, en faisant adhérer autant que possible les deux parties, au moyen d'un couteau rond émoussé. Le noir se donne à la brosse avec une dissolution de fer dans de la bière aigrie; le bleu se teint à froid dans la cuve à indigo; le jaune, et toutes les nuances, dans une dissolution d'épine-vinette; les violets et les pensées, en donnant une ou deux couches de bleu, puis passant dans un bain de cochenille plus ou moins chargé. On comprime ensuite fortement les peaux de même couleur, en les empilant sur le plateau d'une

Digitized by Google

presse hydraulique, pour chasser l'excès d'eau et la couleur non fixée.

Quelle que soit sa couleur, on termine le maroquin, avant qu'il ne soit complétement desséché, en l'amincissant avec un couteau droit à fil relevé, puis le lustrant avec des cylindres lamineurs en cristal de roche, enfin leur donnant le grain à l'aide de la paumelle. On obtient un grain en losange, en passant dans deux sens un cylindre en bois dur (buis ou poirier), taillé à sa surface en vis très fine.

TANNIN. Le tannin ou acide tannique, matière tannante des végétaux, est une matière incolore, très soluble dans l'eau et l'alcool, beaucoup moins dans l'éther, et d'une saveur astringente ; il précipite les solutions de gélatine et des alcalis en blanc, et les sels de peroxyde de fer en bleu noir. A l'air, en dissolution dans l'eau, il se transforme en acide gallique. On l'obtient aisément en plaçant un tampon de coton au fond d'une allonge effilée à son extrémité, le remplissant au demi avec de la noix de galles pulvérisée, versant dessus de l'éther, fermant avec un bouchon et posant la pointe en bas, dans le col d'une fiole; au bout de quelques jours on trouve dans la fiole deux couches bien distinctes. En évaporant l'inferieure, qui est la plus dense, on obtient du tannin sec et pur, dans la proportion de 50 p. 100 de la noix de galles employée.

TAPIOKA. Voyez AMIDON.

TAPIS. Voyez TISSAGE.

TAPISSERIE. Voyez BRODERIE et TISSAGE.

TARARE. Voyez MOULIN.

TARAUD. C'est un outil à l'aide duquel on fait les écrous en bois ou en métal. Nous nous occuperons d'abord des tarauds qui sont destinés à opérer sur les métaux. Ils peuvent être faits avec la filière double, mais il est préférable de les faire au tour, ils sont plus réguliers et plus forts n'ayant pas été tourmentés par l'action de la filière qui relève toujours un peu le métal malgré les soins qu'on apporte dans sa construction. On appelle *mères* les tarauds faits au tour. Il y a des ateliers où tous les tarauds sont des *mères*, il en est d'autres où on ne fait que quelques mères qui servent à tarauder des coussinets au moyen desquels on reproduit d'autres tarauds.

Il est bon, avant de s'occuper de la construction des tarauds, d'étudier leurs formes et de se rendre bien compte de leur maniere d'opérer. On peut les diviser en deux classes : les tarauds cylindriques et les tarauds coniques. Les tarauds d'une même classe peuvent différer les uns des autres par la manière dont on y pratique les *dégagements*, coupures longitudinales parallèles à l'axe du taraud, et qui sont destinées à donner issue aux copeaux et à créer sur les filets des angles qui attaquent la matière.

Tarauds cylindriques. La figure 2408 représente un taraud cylindrique ; comme les tarauds coniques il se compose de trois parties : la tête, le collet et la vis.

La *tête a* est carrée ou plate suivant la confection de l'œil du *tourne-à-gauche*, double levier qui embrasse la tête du taraud et qu'on tourne avec les deux mains.

Le *collet b* est une partie tournée lisse qui sépare la tête de la vis dont le diamètre doit



2408.

être plus faible que celui du fond des filets de la vis.

La *vis c* est la partie opérante du taraud, celle à la confection de laquelle on doit apporter le plus de soins. Ce sont les variations de sa forme qui établissent une distinction entre les divers tarauds.

La vis du taraud représenté dans la fig. 2408 est cylindrique, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des filets, il en résulte qu'il n'y a que la partie inférieure qui opère, et que les parties 2, 3, 4, viennent passer, sans l'agrandir, dans l'écuelle formée par la partie 1, ne servant alors qu'à guider le taraud.

Le taraud cylindrique n'est ordinairement employé que pour terminer des trous commencés avec les tarauds coniques représentés dans les fig. 2409 et 2410,



2409.



2410.

dont le diamètre inférieur est égal à celui du trou que l'on veut tarauder. On ne peut se servir du taraud cylindrique, pour faire l'opération complete, qu'en rendant le trou conique à la partie supérieure ; mais ce procédé est mauvais parce que les vis qu'on doit introduire dans l'écrou peuvent y éprouver du ballottement. Quand on veut tarauder on emploie donc en premier lieu les tarauds coniques, on les enfonce complétement dans le trou jusqu'à ce que les filets aient pénetré dans le métal ; on les retire et on introduit pour finir l'écrou, le taraud cylindrique dont le filet inférieur, étant de même grosseur et de même diamètre que les filets de la partie supérieure du taraud conique, pénètre facilement dans l'écuelle qu'ils ont formée, et à mesure qu'il s'enfonce l'approfondit également sur toute la longueur de l'écrou. Quelquefois on n'emploie qu'un seul taraud, conique à la partie inférieure et cylindrique vers la partie supérieure, sur une longueur au moins égale à l'épaisseur de l'écrou ; la partie conique commence le filet et la partie cylindrique l'achève complétement.

Nous devons dire un mot au moyen du taraudage à l'aide d'une série de tarauds cylindriques ; ces tarauds ont tous le même pas, mais des diamètres différents ; le premier qu'on introduit est le plus faible en diametre, il ne fait que commencer l'écrou ; le second qui est un peu plus gros l'approfondit ; on en emploie successivement un troisieme ou quatrième d'un diametre de plus en plus fort, jusqu'à ce que les filets soient totalement imprimés. Ce procédé exige l'emploi d'un nombre considérable de tarauds, aussi n'est-il employé que dans les cas fort rares où les trous sont très profonds. Le premier filet attaquant seul

Digitized by Google

la matière, la résistance est indépendante de la profondeur du trou; tandis que, comme nous le verrons plus tard, les tarauds coniques sont d'autant plus difficiles à conduire que le trou à tarauder est plus profond.

Tarauds coniques. Il y a deux moyens de rendre les tarauds coniques : 1° en tournant dès le principe la partie qui doit être filetée en forme de cone tronquée (fig. 2409); 2° en filetant le taraud comme s'il devait être cylindrique, et en le rendant plus tard conique à être partie extérieure, soit au tour, soit à la lime (fig. 2410). Dans le premier cas, le fond et l'extérieur des filets sont situés sur des surfaces coniques; dans le second, le taraud n'est conique qu'à l'extérieur, et le fond des filets est situé sur une surface cylindrique. Les figures font très bien comprendre la différence qui existe entre ces deux espèces de tarauds. Le taraud (fig. 2409) a ses dents inférieures pointues et mord plus facilement que le taraud (fig. 2410), dont les dents inférieures ne sont pas aiguës, et enlève dès l'abord une plus grande quantité de matière que le second. On remédie à cet inconvénient en limant avec un tiers-point les crêtes de trois ou quatre des dents inférieures de celui-ci, qui prend alors très bien, surtout si on a eu soin de laisser en avant du filetage un bout non fileté de même diamètre que le plein du taraud. Ce bout reçoit la forme du dégagement et forme une espèce d'équarrissoir qui prépare parfaitement le trou et fait mordre de suite le taraud.

Le diamètre inférieur des tarauds coniques est égal à la grosseur du trou à tarauder, le diamètre supérieur à la profondeur des filets de l'écrou. La saillie d'un filet sur le filet inférieur suivant est par conséquent d'autant plus faible qu'il y a un plus grand nombre de filets dans le taraud. Cette saillie représentant la somme des épaisseurs des copeaux enlevés par tous les dégagements d'un même filet, il en résulte que plus le taraud sera long, plus il sera facile à tourner puisque chaque filet enlèvera moins de matière.

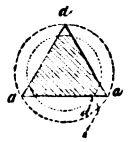
La résistance sera d'autant moindre que la profondeur du trou sera plus petite, parce qu'il y aura une moindre quantité de filets qui travailleront. Si donc on a à tarauder des trous profonds, il faudra faire le taraud très long afin que chaque filet prenne moins de matière; si le trou est peu profond on fera le taraud moins long, parce qu'à mesure qu'on tournera il se dégagera à la partie inférieure une portion de filet égale à celle qui s'engage à la partie supérieure, et le nombre des filets qui attaquent la matière restant constant on enlèvera par tour la même épaisseur de copeau.

Le mode d'action du taraud conique a la plus grande analogie avec celui de la filière conique simple (voir FILIÈRES), et les considérations que nous avons présentées à son sujet sur la forme la plus convenable à donner aux dégagements sont applicables ici dans toute leur généralité. La partie opérante des filets d'un taraud doit avoir peu d'étendue dans le sens de la circonférence, parce que tout le travail qui a lieu dans l'intérieur des filets est du travail de refoulement; les dégagements doivent être aussi grands que possible; s'ils n'existaient pas, la matière ne serait plus coupée, mais totalement refoulée; le taraud serait très dur à conduire et le sommet des filets de l'écrou n'offrirait aucune résistance.

Le taraud diffère de la filière simple avec laquelle il présente tant d'analogies par la propriété précieuse d'être aiguisable, soit à la meule circulaire, soit à la pierre à l'huile, ce qui peut rendre son usage très prolongé. Dès que les angles sont émoussés ils ne coupent plus, ils refoulent la matière; il faut alors les affûter promptement si l'on ne veut pas faire avec lenteur et difficulté un mauvais travail.

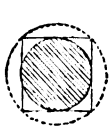
Il nous reste, pour finir ce que nous avions à dire sur la forme des tarauds, à parler des dégagements qu'on pratique sur toute leur longueur pour livrer passage à l'huile et aux copeaux.

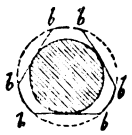
Dans les tarauds cylindriques, le dégagement ne sert qu'au passage de l'huile; le filet inférieur travaillant seul, chasse devant lui le copeau, et les filets suivants ne rencontrent plus de matière à enlever. Il n'en est pas de même pour les tarauds coniques qui coupent sur toute la longueur du tour; leurs dégagements servent à la fois au passage de l'huile et à celui des copeaux. La forme des dégagements est assez variable, elle ne dépend souvent que du caprice des ouvriers qui ont chacun une méthode différente; leur nombre est déterminé d'ordinaire par le rapport qui existe entre le diamètre du plein du taraud et la profondeur des filets. Quelques figures sont nécessaires pour bien faire comprendre cette théorie.



2411.

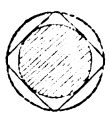
Soit le plus petit des arcs concentriques de la fig. 2411, le corps du taraud, et le plus grand celui du sommet des filets. Si on fait le dégagement suivant les lignes a, a, on affaiblira le corps du taraud; si on les fait suivant les lignes b, b (fig. 2412), les filets ayant beaucoup d'étendue dans le sens de la circonférence, ils refouleront la matière (il est entendu ici que nous ne nous occupons que des tarauds coniques).

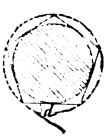

2413.



2412.

On peut encore faire quatre dégagements, comme dans la fig. 2413, de manière à obtenir quatre angles vifs; mais ces angles s'useront, le taraud diminuera de diamètre extérieur et il sera mis plus rapidement hors d'usage. On doit faire les dégagements de manière à ce que la partie extérieure conservée du filet ait assez d'étendue pour que le diamètre du taraud soit conservé dans l'affûtage, et pas assez pour qu'elle refoule trop la matière; la fig. 2414 donne un exemple de cette disposition. On ne doit pas croire que, pour que le taraud coupe vivement, il faut que ses angles soient pointus, c'est une erreur; il suffit que les dégagements fassent avec la circonférence du taraud l'angle le plus grand possible, afin que le copeau enlevé se dégage facilement et ne fasse pas l'effet d'un coin en restant interposé entre la dent du taraud et la partie qu'elle attaque. Dans les tarauds à cinq et six pans (fig. 2415), cet effet a lieu d'une manière très marquée; le copeau se dégage difficilement, il exerce une pression énergique contre la matière non encore enlevée, la refoule, et rend le taraud très dur à conduire. On recommande alors avec raison de tarauder en tournant dans un sens, et en détournant ensuite d'une moindre quantité, le copeau enlevé tombe quand on détourne, s'échappe par le dégagement, et ne produit plus autant l'effet de refou-

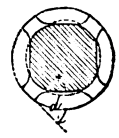

2414.


2415.

Digitized by Google

lement dont nous avons parlé : effet qui ne dépend absolument que de la forme des dégagements.

Les tarauds triangulaires sont ceux qui coupent le plus vivement, parce qu'ils offrent au copeau un dégagement facile; cette forme n'étant pas applicable aux tarauds dont le corps est très gros relativement aux filets. On emploie souvent de préférence à la forme à cinq pans, indiquée dans la fig. 2415, la forme de la fig. 2416; les dégagements ne sont plus plans, mais ont la forme d'une gorge rentrante pratiquée, sur toute la longueur du taraud. Les angles coupants ont environ 90 degrés et coupent plus vivement que ceux de tous les tarauds que nous avons décrits jusqu'ici. Cette manière de dégager les tarauds est employée dans plusieurs grands ateliers et produit de fort bons résultats, surtout pour la fabrication des gros écrous à la machine; son seul inconvénient est de rendre le taraud moins facilement aiguisable, car on ne peut raviver les angles que sur l'angle de la meule circulaire, ou avec la pierre à l'huile; mais ce léger défaut est compensé, et au delà, par le bon usage du taraud et par la perfection du résultat obtenu.

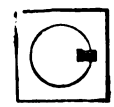


2416.

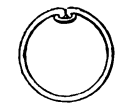
Le taraud est un outil très bien entendu, d'un usage facile, exigeant peu de réparations et remplissant son but quand il a été bien combiné, sans une grande dépense de force motrice, et sans exiger de la part de l'ouvrier qui le conduit beaucoup d'intelligence. Aussi, l'opération du taraudage à la main est-elle le plus souvent confiée à des hommes de peine. Beaucoup d'essais ont été faits non pour perfectionner le taraud, qui est un outil à peu près parfait, mais pour en changer le système.

On trouvera dans les *Bulletins de la Société d'encouragement* le détail d'un taraud qui peut à volonté faire un écrou à droite ou à gauche; il se compose d'un cylindre dans lequel est insérée une lame d'acier, dentée sur les deux longs côtés, et dont les dents seules dépassent le périmètre du cylindre. On introduit le bout du cylindre dans le trou à tarauder, et l'on fait prendre les premières dents qui sont très saillantes, comme dans le taraud conique, puis on tourne à droite ou à gauche en appuyant sur le tourne-à-gauche; une fois que le tracé est fait pour une ou deux dents l'inclinaison ne peut plus varier. Nous ne sachons pas que ce taraud soit appliqué quelque part; l'inclinaison des filets ne dépendant que de la pression qu'on exerce sur le taraud, il doit être difficile de faire entrer exactement une dent dans le filet tracé par la dent inférieure. Dans le taraud ordinaire on n'a besoin d'exercer aucune pression, il s'enfonce de lui-même dans la matière et trace à l'intérieur du trou des filets qui ont immédiatement l'inclinaison convenable.

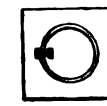
On trouvera dans le trente-neuvième volume des *Bulletins de la Société d'encouragement* la description de plusieurs tarauds qui ont beaucoup d'analogie, quant au principe, avec les filières à trois et quatre coussinets; les parties coupantes ne font pas corps avec le taraud, mais sont rapportées dans des rainures pratiquées sur toute sa longueur, et peuvent s'écarter plus ou moins de l'axe au moyen de vis de pression, de manière à pouvoir tarauder des trous de dimensions assez différentes. Ces tarauds sont ingénieux, mais leur construction est compliquée et difficile; ils ne peuvent, en outre, être employés que pour de gros diamètres, aussi ne sont-ils pas répandus dans les ateliers de construction, où l'on n'a jamais à tarauder que des trous dont la grosseur est déterminée à l'avance, et pour lesquels on fait un certain nombre de tarauds de dimensions différentes. Cependant, ces tarauds à parties coupantes rapportées ont un avantage qu'il est bon de signaler : c'est celui d'avoir des angles plus vifs et plus facilement affûtables que ceux de tous les autres genres de tarauds; aussi les copeaux ont-ils un dégagement plus facile, et l'on obtient des écrous plus nets et dans lesquels la matière n'est nullement refoulée. Les fig. 2417, 2418 et 2419 peuvent donner une idée de ce genre de tarauds.



2417.



2418.



2419.

Construction des tarauds à métaux. On choisit ordinairement pour la fabrication des tarauds de l'acier fondu de première qualité, qu'on forge comme à l'ordinaire, et qu'on tourne ou qu'on lime pour lui donner la forme circulaire, cylindrique ou conique. Il est préférable de tourner les tarauds, ils sont beaucoup plus réguliers que lorsqu'ils ont été limés.

Nous avons dit qu'on faisait quelquefois les tarauds à la filière; on les filète alors comme s'il s'agissait d'un boulon ordinaire. Quand on veut les faire au tour on les place entre les deux pointes et on trace l'hélice au moyen d'un burin placé sur le support à chariot; on termine au peigne et on obtient des tarauds parfaitement réguliers. Quand on n'a pas de tour à chariot, on commence par tracer une hélice peu profonde sur le taraud au moyen de la filière double, puis on le place entre les deux pointes du tour et on forme le filet au moyen du peigne qui est guidé dans son mouvement d'avancement par l'hélice tracée au moyen de la filière. Ce procédé de fabrication est simple, mais on obtient des tarauds moins réguliers que ceux qui sont faits au tour à chariot. S'il reste sur le taraud des jarrets peu considérables, on les fait disparaître en le faisant tourner assez rapidement sur le tour à pointes et en approchant un peigne très coupant, qu'on laisse courir sans autre conducteur que le taraud lui-même, et sans trop prendre de matière; par ce moyen très simple le jarret disparaît aux dépens de la force des pleins.

L'angle des filets est ordinairement de 60 degrés, s'il était plus faible le filet serait trop maigre et il serait difficile d'arriver à la coïncidence parfaite entre les filets de la vis et ceux de l'écrou. En général, un taraud dans lequel les pleins sont égaux aux vides produit des écrous ou des filières à coussinets dans lesquels les écuelles sont plus grandes que les pleins; ces coussinets reproduisent des vis dans lesquelles les pleins sont à peu près égaux aux vides, et qui par conséquent entrent facilement dans les écrous.

Il est facile de comprendre la raison pour laquelle les vides de l'écrou sont plus grands que les pleins du taraud qui l'a formé; jamais un taraud n'est d'une régularité parfaite, il y a toujours des parties de filets un peu plus inclinées que les autres; et ces parties trop inclinées ne peuvent se loger dans l'écuelle de l'écrou, qu'en l'agrandissant aux dépens du plein du filet. C'est par un motif analogue qu'une filière reproduit une vis dont le plein est plus faible que son écuelle; la différence dépend aussi de la grosseur de la vis relativement à la grosseur de la mère qui a formé la filière. Ainsi nous avons vu (voir FILIÈRES DOUBLES) que lorsque le diamètre de la vis était plus fort que celui de la mère,

Digitized by Google

la filière lors même qu'elle serait parfaitement régulière, reproduirait des écuelles qui dépasseraient les pleins en grosseur d'une quantité d'autant plus forte que la différence des diamètres serait plus considérable.

Avant de tremper les mères on ajuste la tête dans l'œil du tourne-à-gauche et on pratique les dégagements à la lime ou à la machine à raboter; l'opération de la trempe ne présente pas beaucoup de particularités; les mères sont trempées dans toute leur force; pour les faire revenir on les prend avec des pinces rouges, et on les immerge quand la couleur jaune-paille apparaît; pour de gros tarauds on emploie une méthode différente, après les avoir plongés dans l'eau, quand ils sont au rouge-cerise, on les imbibe d'huile au moyen d'un tampon et on les place au-dessus d'un brasier de charbon, en ayant soin de les faire tourner lentement; quand l'huile prend feu on les immerge rapidement. Les tarauds cylindriques ne sont trempés durs qu'à l'extrémité de la vis.

Tout ce que nous venons de dire est applicable aux tarauds aussi bien qu'aux mères, mais, nous le répétons, il est préférable de n'employer que des mères, car les angles des tarauds qui d'ordinaire sont formés de métal relevé se fendillent souvent à la trempe.

Les très gros tarauds peuvent sans inconvénient être faits en fer pour être ensuite trempés en paquet; mais il faut avoir soin de les laisser longtemps au feu afin que la cémentation pénètre à 1 ou 2 millimètres au-dessous des écuelles; sans cette précaution les tarauds perdent de leur diamètre quand on les force dans des trous. Les tarauds moyens peuvent aussi être faits en fer, mais ils sont meilleurs en acier; les petits tarauds doivent être faits en acier.

Tarauds à bois. Leur forme et leur genre de fabrication varient suivant le diamètre des écrous qu'ils sont destinés à produire, ils sont ordinairement en fer; pour de petits écrous ils sont faits à la filière double et on leur donne de l'entrée en les faisant coniques; ils n'ont que cinq ou six filets et on leur fait par le bas un dégagement triangulaire; les deux ou trois derniers filets sont pleins, leur diamètre ne dépasse guère 1 centimètre; comme ils refoulent la matière plutôt que de la couper, ils feraient éclater le bois si on les employait pour de gros trous.

De 1 à 5 centimètres on fait souvent les tarauds en fonte; on filète sur le tour un modèle en bois auquel on donne une forme conique analogue à celle des tarauds à métal, avec cette différence que toute la conicité est reportée sur cinq ou six filets seulement. Les tarauds reviennent de la fonderie parfaitement conformes; il n'y a plus qu'à les mettre sur le tour dont le pointage est conservé, et à enlever la croûte d'oxyde; les filets sont un peu repassés au peigne à la volée. On y pratique ordinairement quatre dégagements, qui n'ont à eux quatre que le huitième de la circonférence. Ces tarauds sont assez doux à conduire; le bois refoulé dans l'intérieur des filets qui ont beaucoup d'étendue rentre dans les dégagements en vertu de son élasticité et est coupé par les angles des filets; il serait bon, par les raisons que nous avons indiquées à l'occasion des tarauds à metal, de donner moins d'étendue aux filets et davantage aux dégagements; on éviterait ainsi d'exercer sur les faces de l'écrou un effort qui tend à le faire eclater.

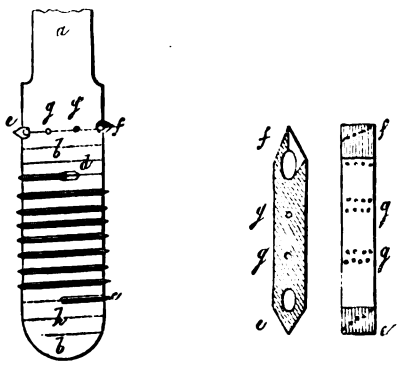
De 5 à 10 centimètres on fait les tarauds en fer, leurs coupes sont assez variées; les fig. 2420, 2421 et 2422 sont celles qui sont le plus généralement employées: le mode d'action de ces tarauds ne diffère en rien de celui des tarauds de diamètre inférieur.

Tous ces tarauds refoulent, râpent et écorchent le bois, tandis que la filière à bois coupe sans production sensible de chaleur, et produit des vis parfaitement nettes. Il existe des tarauds à bois qui, fondés sur



2420. 2421. 2422.

le même principe, produisent des résultats analogues; tel est celui que nous représentons dans les fig. 2423,



2423. 2424. 2425.

2424 et 2425. *a*, est le collet, *b*, le cylindre, corps du taraud; au-dessous des diamètres de 4 centim. ce taraud est en fer, pour les plus grandes dimensions on le fait en bois dur. On trace au tour sur le cylindre l'hélice *h* dont le pas doit être égal à celui des écrous que l'on veut obtenir. Si on opère sur du fer, on formera le filet *c* en dégageant l'entre-deux des filets avec une échoppe, et on avive le filet avec l'angle du burin; si on opère sur le bois on se contente d'indiquer l'hélice *h* par un trait dont on verra plus tard l'usage.

On fait en acier deux fers analogues à celui qui est représenté dans la fig. 2424, l'un d'eux est plus court que l'autre d'une quantité égale à une demi-hauteur de filet; il est marqué *d* sur la fig. 2423. Ces deux fers sont placés sur la ligne d'hélice de manière à dépasser le cylindre d'une certaine quantité. *g g*, sont des trous pratiqués dans les fers correspondant à d'autres trous pratiqués dans le cylindre, et dans lesquels on passe des goupilles qui en contiennent les fers en place.

Pour tarauder un trou du diamètre du cylindre on introduit le taraud dans ce trou, le filet *c* s'engage dans le bois et guide les fers dans leur mouvement d'hélice; le fer *d* attaque d'abord le bois par celui de ces bouts que l'on voit sur la figure; ce bout dépasse le cylindre d'une quantité égale au quart de la profondeur du filet, quand on a tourné d'un demi-tour l'autre extrémité du fer *d* qui dépasse le cylindre d'une demi-épaisseur de filet, agrandit l'écuelle formée par la première extrémité; quand on a tourné deux tours environ le second fer *e f* termine le filet par ces deux pointes *e* et *f*; la première *e* saille sur le cylindre *c* d'une quantité égale aux trois quarts de la profondeur du filet; la seconde *f* a exactement la forme de l'écuelle et la termine complétement, les copeaux passent au travers des trous que l'on voit pratiqués aux extrémités des fers et se dégagent facilement. La longueur du fer *d* est égale au diamètre du cylindre, plus aux trois quarts de la hauteur d'un filet; celle du fer *e f* a ce même

Digitized by Google

diamètre, plus aux sept quarts de la hauteur du filet. Ces fer sont trempés à l'huile et revenus bleu-clair afin qu'il soit possible de les raviver avec un grattoir.

Quand le corps du taraud est en bois le filet taillant *c* se fait facilement au moyen de pointes de fer qu'on place de 5 en 5 millimètres sur la ligne d'hélice *h* et qu'on lime sur place à deux biseaux; les premiers clous doivent être très rapprochés, se toucher presque, et avoir peu de saillie au-dessus du périmètre du cylindre; à mesure qu'on se rapproche du premier fer *d*, ils vont en augmentant de grosseur et de saillie pour que l'ouvrage de ce fer soit déjà préparé et qu'il soit moins sujet à s'engorger. L'espace entre les clous sert à loger la sciure de bois.

Ce taraud fonctionne très bien; il peut tarauder un trou à l'extrémité d'une planche de sapin sans la faire fendre. Il diffère par un principe de la filière à bois en ce que l'hélice qui détermine le mouvement descensionnel est située en avant des fers qui forment le filet. Dans la filière à bois, le cylindre à fileter est d'abord rencontré par le fer, puis s'engage dans un écrou qui le guide dans le mouvement d'hélice. On pourrait faire des tarauds sur ce principe au moyen d'une vis qui entrerait exactement dans l'écrou que l'on voudrait former et à la partie inférieure de laquelle on placerait des fers ou des clous places en hélice destinés à former l'écrou; comme dans la filière à bois le filet de la vis entrerait immédiatement dans l'écuelle creusée par le fer ou les clous, et le taraud serait guidé parfaitement dans son mouvement descensionnel. Des tarauds de ce genre ont été employés par quelques personnes, et ont produit, à ce qu'il paraît, de fort bons résultats. Néanmoins leur usage n'est pas généralement répandu. E. DUBIED.

TARIÈRE. Voyez MACHINE A PERCER.

TARTRATE. Sels formés par l'acide tartrique; il n'y en a que deux qui aient quelque importance, ce sont :

1° Le *bi-tartrate de potasse* ou *crème de tartre*, que l'on obtient en purifiant par plusieurs cristallisations successives, et même en décolorant par le noir animal, le *tartre brut* ou *lie de vin;* l'eau froide n'en dissout que 1 a 1/2 pour 100, tandis que l'eau bouillante en dissout 15 p. 100;

2° Le *tartrate double de potasse et d'antimoine* ou *émétique*, qui s'obtient en faisant bouillir une dissolution de bi-tartrate de potasse avec de l'oxyde ou un sous-sel d'antimoine; l'eau froide en dissout 7 p. 100, et l'eau bouillant 15 p. 100 de son poids.

TAS. Enclume carrée, généralement un peu bombée.

TEINTURE. La teinture est l'art de communiquer des couleurs variées aux diverses matières textiles. Ses procédés se divisent en trois grandes classes bien distinctes :

Première classe pour les couleurs grand teint.

Deuxième classe pour les couleurs bon teint.

Troisième classe pour les couleurs petit teint. Telles sont les qualifications adoptées dans les ateliers.

1° Une couleur *grand teint* est éminemment fixe ou solide; elle doit résister non seulement aux agents ordinairement usités pour l'entretien et la propreté de l'étoffe à laquelle elle s'applique, comme les lessives, les savonnages, le dégras, les acides faibles, mais encore à l'action plus puissante du soleil, de l'air, de la pluie, du temps en un mot. On conçoit cependant que cette résistance ne peut pas être illimitée, que cette fixité n'est jamais absolue, et que *grand teint* ne veut pas dire indestructible, car le chimiste a toujours à sa disposition quelques agents pour detruire instantanément, *enlever* ou *ronger* toutes les teintures sans altérer l'étoffe; mais on comprend sous ce nom la couleur qui, par comparaison, résiste le mieux et le plus longtemps à ces épreuves et autant que l'étoffe elle-même, et qui dès lors est estimée et classée de premiere qualité;

2° Une couleur *bon teint*, dans des limites moins étendues, résiste aussi, avec quelques légères modifications, aux lessives, aux savonnages, etc., et au soleil, à l'air, à la pluie et au temps; mais des altérations successives et moins lentes que sur les précédentes résultent peu à peu de leur action;

3° Une couleur *petit teint* ou faux teint, de la dernière qualité, tout le monde le sait, s'altère promptement, et quelquefois même instantanément, par un simple lavage dans l'eau, et se détruit, se brinqe, se vire ou se fane facilement par l'air, le savon, etc. Il est bon d'observer ici que plusieurs couleurs évidemment de mauvais teint, résistent cependant assez bien à l'action de quelques acides énergiques, quoique immédiatement attaquées ou modifiées par l'action de la lumiere et de l'air seuls. Le jaune au curcuma, le rose au carthame, le bleu au cyanure de fer, le capucine au rocou, le violet au campêche sur mordant d'étain, etc., qui tous sont *virés* par un bain acide, résistent conséquemment très bien au vinaigre et même aux acides minéraux de moyenne force, et cependant les alcalis, le savonnage, même très faibles, et quelques heures d'exposition au soleil, suffisent pour les altérer et bientôt les effacer totalement.

Ainsi pour fixer nettement les idées à cet égard, et pour bien faire saillir les différences essentielles qui existent entre ces trois classes de teintures, on citera ici, pour exemple, une épreuve bien décisive qui les fait reconnaître irrévocablement, et qui a été faite directement dans ce but.

Une série très nombreuse d'échantillons de coton, lin, soie et laine teints en toutes couleurs de diverses qualités, a été disposée avec beaucoup de soin pour cette épreuve; pour cela, chaque échantillon séparément a été dévidé, étendu et rangé fil par fil, comme pour l'ourdissage d'une chaîne, autour de larges bandes de forts cartons.

On a fixé ces cartons horizontalement sur la tête de pieux élevés et placés au milieu d'une vaste prairie, de maniere à ce que depuis le lever jusqu'au coucher du soleil ils ne pussent recevoir aucune ombre, et on les a laissés ainsi attachés et exposés toujours du même côté, depuis le 4 août 1832 jusqu'au 4 février 1833, six mois. Durant cet espace de temps, cinq fois on a été obligé de renouveler les numéros d'encre ordinaire de la petite vertu, qui s'effaçaient; on notait les époques auxquelles chaque couleur était sensiblement altérée, puis détruite. On avait conservé avec soin une série pareille bien enveloppée, outre que la partie inférieure des cartons avait été couverte d'un double carton collé avec précaution tout autour sur les bords, pour empêcher l'action de l'air, etc., sur cette moitié des échantillons.

Chaque couleur disparut successivement a diverses époques selon sa qualité; en résumé, il a été constaté que les échantillons teints *sur apprêts huileux* en chayaver et en garance, étaient les seuls qui aient pu résister pendant tout ce temps, mais toutefois encore avec des différences entre elles; les couleurs en garance étaient altérées très sensiblement, tandis que celles en chayaver étaient à peine éclaircies, sauf seulement, il faut bien le constater ici, deux nuances sur mordant d'étain pour lesquelles une réaction de l'oxyde avait eu lieu, ce qu'on peut assurément éviter; le coton en était très affaibli lui-même.

La poussière, la fumée les avaient toutes un peu salies et ternies, mais par un fort savonnage bouillant on les a revivifiées. On glissa en place du carton une latte, et on leur fit ainsi, sans les déplacer, subir l'avivage a la chinure qu'ils faisaient avec la partie inférieure; alors seulement on put constater rigoureusement les différences survenues par cette longue épreuve, avec les demi-échantillons préservés et enveloppés sous les cartons, et surtout avec ceux qui avaient été conservés sé-

Digitized by Google

parément avec soin. Les échantillons, au nombre de soixante, de cette épreuve décisive ont été compris dans le tableau de l'exposition de 1834. Pour abréger, de ceci nous concluons que : 1° les couleurs au chayaver et à la garance avec apprêts huileux et convenablement *mordantées* et *avivées*, sont bien de *grand teint*, mais encore à deux degrés différents: 2° les couleurs de garance sans apprêts huileux, celles du quercitron, de la cochenille, de la gomme laque, du capilapodie, du casaa, du noona, du jong-koutong, de l'indigo, qui ont résisté de deux à quatre mois, sont de *bon teint*; et toutes celles au Brésil, au calliatour, au campêche, au bois jaune, au fustet, à l'orseille, à l'orcanette, au santal, au safranum, au rocou, au curcuma, qui se sont effacées complétement en quelques jours, ou même quelques heures, sont de *petit teint*, sauf encore à quelques différences près, selon le systeme et les mordants employés dans les procédés de ces mêmes teintures ou de ces mêmes agents.

Ceci entendu et fixé, on se comprendra parfaitement désormais sur ce sujet.

TEINTURE DU COTON. Il y a bien des qualités de coton, soit par l'espèce et la nature du végetal, soit par le sol, la culture et le climat. Tous les praticiens savent que la Géorgie longue soie, le Fernambouc et le Louisiane purs, bruts, filés ou tissés, prennent généralement mieux la teinture ou s'impriment plus facilement, et prennent des couleurs plus corsées, plus belles en totalité que, dans les mêmes conditions et les mêmes procédés, les cotons de Surate, de Napies, d'Égypte, etc. Il y a une série intermédiaire de qualités moyennes moins tranchées et dont les prix varient, qui déterminent aussi pour l'emploi en fabrique sur la valeur intrinsèque de toutes ces variétés, non pas seulement par la finesse, la longueur, la force et la qualité de la soie, mais encore par les propriétés chimiques qui les rendent plus ou moins favorables à la coloration.

Il y a un choix judicieux à faire à cet égard pour parvenir aux plus belles teintures.

On teint le coton en trois états différents : 1° à l'état brut tel qu'on le récolte, et pour cela, il faut toujours le carder une ou deux fois et le mettre en nappes ou plaques comme on le fait pour les ouates ; ainsi disposé, on peut le manipuler plus commodément dans les opérations de la teinture. Une fois teint ainsi et séché on le carde de nouveau et on le mêle avec du blanc, ou encore avec diverses autres couleurs bien uniformément ; on carde le mélange et on le file, et on s'en sert ainsi directement alors pour des tissus mélangés imitant à bon marché certaines draperies, ou même, dans ces dernières, dans le but unique de les frauder et de les établir à bas prix ;

2° On teint le coton, le plus communément, lorsqu'il est filé et en écheveaux. A Rouen seulement, on peut citer une vingtaine de teintureries dans lesquelles on teint journellement 500, 600, et même 1.000 kil. de coton filé, sinon constamment, du moins à quelques époques chaque année ;

3° On le teint encore en assez grande quantité en couleurs unies ou de fonds, à l'état de tissu ; et dans cet article d'*uni*, pour la plupart en calicot de la plus basse qualité et en *petit teint* pour doublures, etc., il y a un article en rouge d'Andrinople pour meubles, qui se fait avec supériorité à Mulhouse ; mais les principales opérations de coloration des tissus de coton pour toiles peintes, dites *indiennes*, dépendent d'une autre industrie. Cette fabrication est parfaitement distincte de celle de la teinture en écheveaux en ses applications, ses ustensiles et ses manœuvres, quoique présentant quelques opérations analogues et basées sur les mêmes principes. Cet article, déjà traité dans cet ouvrage par M. Rouget de Lisle, est compris dans deux récentes publications, l'une de M. Dumas, *Traité de chimie*, tome VIII, et l'autre de M. J. Persoz, *Traité théorique et pratique de l'impression des tissus*, Paris, 1846, qui présentent l'état actuel de cette industrie, susceptible encore de bien des progrès.

Quelques filateurs, dans des vues d'intérêt et d'économie, mêlent plusieurs qualités de coton, et cela, souvent encore d'une manière inégale; il est bon de le constater, car il en résulte pour le teinturier de nouveaux obstacles dans ses opérations. Il est même reconnu, de toute impossibilité, sur certains lainages de basse qualité, d'obtenir des couleurs vives, corsées, satisfaisantes, complètes en un mot. Il est même un terme consacré dans les ateliers pour caractériser ce mauvais coton à bon marché; on dit qu'il est *ingrat*, qu'il ne dédommage jamais des soins qu'on lui donne et des frais qu'il nécessite. Il y a d'ailleurs une expérience bien facile et bien acquise à cet égard, en mettant, pour preuve, sur un même lissoir une pente de coton Géorgie longue soie première qualité, et une pente de coton Surate courte soie dernière qualité, toutes deux ayant reçu préalablement les mêmes soins pour le débouilli et même le blanchiment, puis en les manœuvrant ensemble et uniformément sur une cuve à bleu, soit à froid, soit à chaud, on reconnaîtra dès la premiere passe une différence sensible entre les nuances qu'ils prennent; et cette différence devient d'autant plus saillante que les passes se répètent, que la couleur se fonce, puis mieux encore lors du passage à l'acide, et enfin lorsqu'on fait sécher. A chaque opération la distance se manifeste de plus en plus, et ne peut laisser aucun doute sur la différence d'affinité pour la teinture entre ces deux qualités de coton.

Un teinturier prudent et désirant tout prévoir et tout faire pour obtenir de bons et beaux produits, refuse avec raison de se charger d'entreprendre de teindre en certaines couleurs plus délicates, plus difficiles, comme le plus beau rouge grand teint, ces qualités inférieures de coton ; il y perdrait bien sûrement son temps, sa peine et ses dépenses.

De même qu'il faut choisir pour les cotons pour chaîne ceux qui ont le plus de force et dont la soie est la plus longue, et qui d'ailleurs sont spécialement dans les bonnes filatures, travaillés, tordus et soignés pour cette destination sur les metiers dits *continus*, de même il faut choisir exclusivement de bons lainages pour avoir de belles teintures.

Le degré de torsion des fils de coton trop serrés, paraît aussi influencer en quelque chose dans certaines opérations de la teinture et contrarier la pénétration des apprêts, la combinaison des bases des mordants, etc. ; l'eau froide les crispe, les raccourcit, les mêle, et empêche, quelquefois même totalement, la manœuvre a la cheville, si importante pour ces opérations. Les filateurs à bon marché, pour donner une certaine force à des lainages courts de déchets de cardes et de très basse qualité, les tordent démesurément, et ces cotons, alors secs, durs, serrés, tordus, ingrats, doivent être rejetés pour de belles teintures, et renvoyés aux teinturiers en faux pour des couleurs de bas prix et de petit teint, avec lesquelles on a quelques facilités d'en tirer un meilleur parti.

On remarque conséquemment les mêmes difficultés pour l'impression en indiennes de certains tissus tout coton, dont la chaîne et la trame sont de différentes qualités de lainage, etc. Cela sert bien quelquefois d'excuse pour un manufacturier malheureux ou malhabile dans ses opérations, mais il est bien évident, quoi qu'il en soit, qu'il y a là un obstacle réel qu'il est bon de connaître, contre lequel il faut se prémunir, et qu'il serait imprudent de prétendre braver ; on ne réussirait pas à obtenir un produit parfait. On ne peut encore en expliquer la cause de ces différences d'une manière satisfa-

Digitized by Google

sante dans l'état actuel de l'art et de la science. Il y a encore là un secret qui échappe aux chimistes.

Indépendamment des trois états précités dans lesquels on peut teindre le coton et des différentes qualités et propriétés naturelles de ce végétal qui obligent de modifier et d'approprier les opérations de la teinture, on rencontre encore le coton dans des combinaisons, ou plutôt des mélanges, qui augmentent et compliquent les difficultés de sa teinture. On allie le coton à la laine, à la soie, au lin, et dans ces divers états, brut, cardé, filé ou tissé, il ne peut plus être soumis, sans modifications et sans danger, aux mêmes opérations qui lui convenaient isolement; ainsi, un seul exemple : on ne pourrait teindre en rouge d'Andrinople, ou autres couleurs grand teint, un tissu de coton mêlé de soie ou de laine; ces deux substances animales seraient totalement décomposées, dissoutes même par les opérations que subit et supporte le coton dans cette riche teinture. Bien d'autres considérations générales utiles aux praticiens et qui ne peuvent trouver place ici, sont développées dans un ouvrage sur l'*Art de la teinture en coton*, dont on prépare la publication. Le manuscrit, les échantillons et les planches en ont été présentés à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en sa séance du 10 juin 1846; il contient 1200 articles avec échantillons annexés.

On ne peut donner ici que le sommaire des opérations les plus usuelles et de quelques procédés nouveaux.

OPÉRATIONS GÉNÉRALES. — § 1. *Débouilli, décruage et blanchiment.* On a traité de ces opérations en détail à l'article BLANCHIMENT; on ajoutera seulement ici quelques observations sur la pratique en grand, directement applicables aux procédés de teinture du coton filé.

1° Pour les couleurs de *grand teint*, sans exception, le débouilli ou décruage se fait avec des lessives alcalines de 1 à 2 degrés dans lesquelles on ajoute des bains gras dits avances, sickious, les résidus de l'opération du dégraissage, ou directement une certaine quantité d'huile, l'opération se fait dans une chaudière autoclave;

2° Pour les cotons destinés à être teints en bleu de cuve, en jaune de gaude, de quercitron, en vert sur cuve et quercitron, en noir, etc., de bon teint, on se contente généralement d'un *décruage*, ce qui comprend plutôt un débouilli à l'eau pure et à vase découvert;

3° Pour les couleurs ou nuances vives et claires de bon teint en général et pour quelques-unes de petit teint, outre le débouilli ou le décruage, on donne un demi-blanc, ou même un blanc fin, par le pré de préférence ou par le chlorure de chaux et l'acide sulfurique, selon les procédés déjà décrits.

§ 2. *Apprêts.* Il y a deux sortes d'apprêts : 1° Ceux dont il s'agit ici, qui ont pour but essentiel de communiquer aux articles à teindre plus d'affinité pour les mordants et les substances colorantes; ce sont des intermédiaires tendant à les unir et à les combiner chimiquement avec plus d'intimité, en un mot pour rendre les couleurs plus belles, plus intenses et surtout plus fixes indépendamment de ce que les mordants peuvent produire seuls ou concurremment avec eux; 2° Il y a une autre sorte d'apprêts qui ne s'appliquent que lorsque le tissu est confectionné et qui ont pour but de lui donner une fermeté, un lustre, en un mot un coup d'œil favorable à la vente, comme de le disposer et plier afin de le conserver et transporter plus facilement; ce qui concerne l'art de l'apprêteur proprement dit ne s'applique nullement, on le voit, aux apprêts de la teinture.

Les apprêts qui précèdent les mordants et la teinture sont de plusieurs sortes : on distingue depuis longtemps, selon les termes de l'atelier, des apprêts *gras* et des apprêts *maigres*. Les bains animalisés, bains bis, bains de fiente, les bains huileux, blancs ou jaunes, les sickious, sont de la première classe; et les sels ou bains de dissolutions alcalines et les bains astringents de galle, sumac, cachou, noona, dividivi, etc., sont de la seconde; mais il est plus convenable, dans l'état actuel de l'art de la teinture, d'étendre cette division ainsi : *Apprêts gras*, 1° bains animalisés; 2° bains sickious; 3° bains blancs; 4° bains jaunes, qui ne se donnent qu'après des bains astringents et des mordants, et *Apprêts maigres;* 5° les sels qui s'entendent seulement d'un bain d'une dissolution d'un sel de soude, de potasse; 6° les astringents, ceux avec les bains de galle, etc., qu'en général dans les ateliers on nomme *engallage*, quoique très rarement faite avec la galle seule, et 7° les apprêts résineux, nouvellement introduits et utilement appliqués avant plusieurs teintures métalliques, etc. Chacun de ces apprêts sera conséquemment indiqué à l'article teinture de chaque différente couleur, puisqu'en effet ils varient de nature, de propriétés, de force et de nombre, selon le genre et l'espèce, le ton et la qualité des couleurs, soit grand teint, bon teint et petit teint. On doit entendre aussi que ces trois grandes divisions de la qualité du teint ont des intermédiaires; par exemple, on piète en bon teint, dans quelques procédés de bon marché, et on finit en petit teint et cela encore avec beaucoup de modifications et de variétés dans les proportions relatives, etc.

§ 3. *Mordants.* On comprend par ce mot des compositions et des dissolutions métalliques qui ont la propriété de déterminer la fixation des substances colorantes aux étoffes, effet dû à la grande aptitude de ces substances à pénétrer l'étoffe et à s'unir en même temps aux couleurs pour former des combinaisons colorées, solides.

On ne connaissait et n'employait dans les procédés anciens et modernes qu'un tres petit nombre de *mordants;* les sels d'alumine, de fer et d'étain, ou plus exactement, l'alumine ou l'oxyde d'aluminium, et les protoxydes et peroxydes de fer et d'étain. Depuis quelques années le nombre des mordants s'est étendu : les sels de cuivre, de plomb, de zinc, de chrôme, à divers degrés d'affinité et d'action entre les étoffes et les diverses substances astringentes et colorantes, s'emploient aussi dans ce sens.

Par suite de nouvelles expériences et d'observations soutenues sur les affinités bien évidentes entre les substances astringentes et colorantes, les étoffes et beaucoup de composés métalliques, on croit pouvoir proposer et même admettre aujourd'hui comme *mordants* bien caractérisés, quelques sels ou oxydes métalliques presque tous colorés : de manganèse, bismuth, arsenic, mercure, antimoine, cobalt, etc., des hydrosulfures, cyanures, iodures, ammoniures, arseniures, stannates, etc. Le tableau en a été publié dans le *Technologiste de 1845*, et compris dans un *Mémoire sur un nouveau système de teinture et d'impression*, lu à la séance du 23 juillet 1845 de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale. Nous le donnons plus loin.

§ 4. *Dégorgeage*, ou *Dégommage en indiennes*. Cette opération, indépendamment du lavage qui suit toujours les mordants, a pour but de bien débarrasser et nettoyer l'étoffe d'une partie du mordant, qui n'y est pas bien intimement combinée et qui contrarierait dans l'opération de la teinture proprement dite, en un mot de le *dégorger* (terme d'atelier). Il y a divers bains de dégorgeage, le principal en teinture de coton en écheveaux et en grand teint est le bain alcalin et huileux de fiente de mouton. Pour dégorger ou degommer les mordants en indiennes on emploie plutôt la bouse de vache; les Indiens emploient le crotin de Cabri. Pour la teinture en général il y a d'autres agents, d'autres bains, qui ont le même but sur divers mordants et dans les deux autres classes de teint, savoir : pour les deux premières classes, les bains blancs, les sels, la decoction

Digitized by Google

de sumac, de dye-food, de libidivi, l'eau de chaux, le phosphate de soude et de chaux (sel à bouser), la craie, etc. Il y en a aussi quelques-uns spécialement affectés aux petits teints, tels que : 1° le bain faible du teint, 2° l'eau tiède, 3° le son, 4° l'eau de savon légère, etc.

Chaque teinture comprend ainsi, pour être exécutée avec quelque perfection, son mode de dégorgeage quand le lavage ne suffit pas et on conçoit, par exemple, qu'il ne faut pas dégorger par un bain alcalin un mordant qui doit rester acide pour la couleur à obtenir et *vice versâ*.

§ 5. *Teinture*. La teinture proprement dite s'entend de l'opération spéciale et bien distincte, du moins en *grand teint*, par laquelle on applique la substance colorante sur l'étoffe et à laquelle l'ont préparée les opérations antécédentes, le débouilli, les apprêts, le mordant et le dégorgeage.

Cependant dans tous les procédés de la teinture, ces diverses opérations ne sont pas toujours parfaitement distinctes ; ainsi, par exemple, pour quelques *bons teints* même, on ne donne point d'apprêts ; pour d'autres on n'a pas besoin de *mordants* ; pour d'autres on n'a pas besoin de *teinture* proprement dite, ce qui a lieu pour quelques mordants qui eux-mêmes forment la couleur, etc. ; puis encore pour les *petits teints* on met presque toujours immédiatement le mordant avec le bain colorant, quoiqu'en général on puisse prouver qu'il y aurait un avantage réel, pour épuiser parfaitement les bains de teinture, à faire de même que pour les *grands teints*, ces opérations séparément, ou d'après un certain mode de pratique qui ne les confonde pas absolument.

Il y a en outre quelques modifications, en raison seulement de la nuance ou de la teinte qu'on veut produire ; il est facile de prévoir que pour une nuance très claire toutes les opérations antérieures et postérieures à la teinture proprement dite, sont un peu différentes de celles convenables pour une nuance très foncée. Ces opérations, pour être rationnelles, doivent être relatives ; ainsi, un mordant faible bien lavé n'a besoin que d'un dégorgeage faible, ou même n'en a souvent pas besoin ; de même de faibles apprêts ne suffisent pas pour une teinture corsée et de forts apprêts sont inutiles pour des couleurs légères ; de même les proportions des agents de la teinture doivent être nécessairement augmentées et diminuées par les mêmes motifs ; les opérations subséquentes à la teinture peur aviver, roser ou virer les teintes faibles, un lilas clair par exemple, n'ont pas besoin d'autant de force et d'action, du même degré et du même bouillon, que pour les nuances fortes, un violet pur et un plus foncé ; ce sont des observations de pratique auxquelles on pourrait en joindre quelques autres, qu'il serait impossible même de résumer ici, mais qui aident évidemment à une bonne direction des opérations (1).

§ 6. *Altérants*. MM. Berthollet, Chaptal et Vitalis ont adopté ce mot, quoique peu répandu et non encore consacré dans les ateliers ; cependant, faute d'autres, on le conservera ici pour exprimer d'une manière générale diverses opérations qui succèdent à la teinture proprement dite, et qui ont pour but non pas d'*altérer*, mais de modifier, aviver, roser, virer, échantillonner et fixer une couleur, une nuance, une teinte, et de les purifier, nettoyer, vivifier, rehausser ou affaiblir, afin d'arriver à l'échantillon fixé et de les finir parfaitement.

1° *Avivage*. L'avivage s'entend de l'application d'un bain alcalin ou plutôt de l'action que ce bain exerce sur une couleur ; il est extrêmement rare qu'une teinture n'ait pas besoin au moins d'une opération ultérieure pour être belle, pour acquérir toute sa pureté, ou pour être échantillonnée rigoureusement ; tantôt il faut la débarrasser du dissolvant même de la substance colorante fixée, tantôt il faut vivifier cette substance même alliée naturellement à d'autres principes, tantôt il faut désacidifier ou désalcaliner la couleur fixée, etc., et souvent il faut plusieurs opérations instantanées ou successives pour y parvenir.

Les lavages et rinçages ne font qu'enlever les parties les plus grossières non fixées et les résidus du bain colorant qui salissent l'étoffe teinte. Il reste, par exemple, toujours aux teints de garance une nuance fauve qui absorbe en partie, qui cache, couvre et ternit la couleur rouge principale ; et sur quelques mordants la séparation de ces deux couleurs est un problème qui fait le désespoir de l'opérateur par les difficultés d'isoler l'une sans attaquer l'autre. Les teints du chayaver n'offrent pas cette difficulté, ou à un bien moindre degré dans quelques couleurs seulement, mais où elle est toujours très facile à surmonter quand l'opération de la teinture est bien conduite.

La partie fauve de la garance ne peut pas s'enlever par l'action seule des alcalis, de l'*avivage* ; il faut y joindre et y faire concourir aussi l'action des acides, et le *rosage* est nécessaire pour en débarrasser et purger pour ainsi dire complétement la couleur ; cette opération est le complément de l'avivage ; ces deux opérations, dans ce cas, sont inséparables et elles concourent mutuellement à la perfection de la couleur que la première prépare, prédispose, et que la seconde exalte et finit.

L'emploi de la garancine, garance épurée préalablement, a pour but de parer autant que possible à cette difficulté.

2° *Rosage*. Le rosage, ainsi qu'on vient de le voir, comprend l'intervention d'un acide ou d'un sel acide, sur les couleurs grand teint du moins, par un mode spécial à l'action du sel d'étain et d'un acide sur la couleur avivée de la garance. Cependant on l'applique en général selon son étymologie à *roser*, porter au rose, éclaircir, vivifier, développer, exalter une couleur bon teint ou petit teint. Il s'applique aussi par analogie à l'action du savon seul directement après l'avivage.

3° *Virage*. Le bain de virage a pour but, presque exclusivement dans les petits teints, de modifier la couleur directement par un sel, etc., pour l'amener à une nuance ou un ton donné ; ainsi, par exemple, en passant une couleur jaune de gaude dans un bain acide, on la détruit en apparence, elle devient blanche ; mais observez que la couleur n'est nullement enlevée du tissu, elle n'est que virée, et en passant à un alcali, le jaune reparaît très intense ; ainsi on voit là un exemple, dans une nuance mixte où trop de jaune domine sur l'échantillon à imiter, qu'il suffit de virer la couleur proportionnellement par un acide pour l'y amener.

L'alunage donné à quelques couleurs de grand teint après un avivage et même après un rosage, sur les couleurs puce, pallineat, mordoré, girofiée, mauve, etc., est alors un bain de *virage*, utile ici pour échantillonner ; il s'applique aussi comme rosage et comme mordant ; l'alunage, dans les dispositions convenables, a aussi la propriété d'augmenter le poids du coton, et on le fait aussi quelquefois en vue de cette seule spéculation pour le bon marché.

4° *Sickiou*. On appelle sickiou le résidu des bains d'apprêts huileux des grands teints ; ce nom vient des schettys indiens. On applique ce mot à l'opération même dans laquelle on l'emploie. On dit aussi *sickiouter*, donner un bain de sickiou ; cette opération se fait quelquefois après le garançage, dans le but de préparer

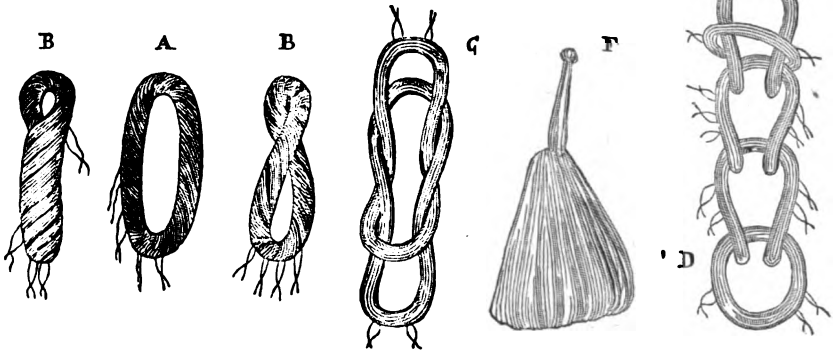
(1) Le rouge pur est une *couleur*, le rose est une *nuance* du rouge, et le rouge ou le rose virés ou cramoisis, à l'hortensia, par un alcali, sont deux *teintes* du rouge ; voici ce qu'on a adopté en fabrique, qu'on accepte ici et qu'on explique pour être bien compris.

Digitized by Google

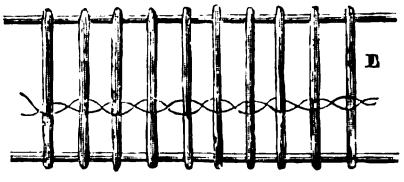
à l'avivage; ce bain a nécessairement une réaction alcaline; on donne aussi un *sel*, dans le même but.

5° Le bain d'eau de chaux pour certaines couleurs métalliques, etc., les chlorures de chaux, de potasse, de soude, l'ammoniaque et les acides végétaux, acétique, oxalique, citrique, la crème de tartre, etc., servent aussi à l'occasion comme altérants.

Avant d'exposer les procédés, nous indiquerons, fig. 2426 à 2432, les diverses dispositions que l'on donne aux fils dans les opérations :



2426. 2427. 2428. 2429. 2430. 2431.



2432.

A, tors; B, mateau; C, cocluche; D, chaîne; F, dizaine; E, pente en dix écheveaux, disposition commode pour l'étendage en conservant les deux lissoirs.

PROCÉDÉS.

On traitera des teintures dans l'ordre suivant dans chaque classe de procédés :

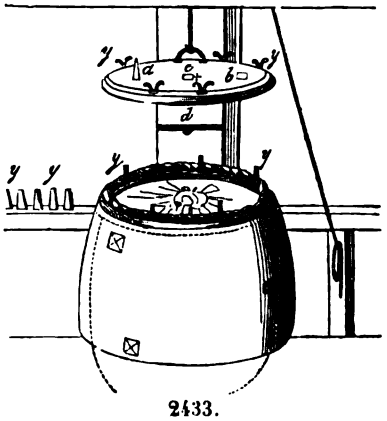
1re division, Couleurs simples;
2e — Couleurs binaires;
3e — Couleurs mixtes.

Couleurs simples.

ROUGE. GRAND TEINT (1re qualité). *Procédé ancien.*

nos 464 50k	gros	Total 141 kil. 5 hect. coton filé en dix-huit qualités et numéros de finesse. Louisiane, Fernambouc et Georgie.
465 46 1/2	demi-gros	
466 45	très fin	
Coton retors.		

APPRÊTS. — § 1. *Première opération.* Débouilli à l'aise avec bains de dégraissage, lessive, avances et eau, le tout bouilli un quart d'heure pour écumer avant d'y abattre le coton, le bain refroidi dans une éprouvette 5/4e à l'aréomètre. Sitôt le bain écumé, y abattre le coton chaîné et le bain au grand bouillon; quatre hommes pour la manœuvre; sitôt abattu, chaîné et enfoncé, on met la champagne, on remplit la chaudière du même bain mis de côté pour cela avant d'abattre, et les bourlets en bon état, on met le couvercle (voyez cet appareil fig. 2433), on le visse et serre avec force et uniformément à l'aide de ses cinq écrous (y sont des enveloppes en bois pour la tête des vis pendant le travail à découvert), et de sorte que l'ébullition ne puisse pas faire percer le bain à travers les bourlets; avant de quitter, on doit visiter la pipette *a a*, pour que rien ne puisse la boucher, la soupape de sûreté *c*, pour qu'elle ne soit chargée qu'au degré convenable, la petite porte *b* du couvercle et le robinet *d* d'en bas, pour qu'ils ne perdent pas de bain, et tout ceci bien en ordre, alors on ouvre les ventouses de la cheminée et du fourneau, on remue le foyer et on pousse le feu avec vigueur pendant six à huit heures pour une chaudière contenant 200 à 250 kilogr. coton;



2433.

cette opération emploie ordinairement la journée, et ce n'est que le lendemain matin qu'on découvre la chaudière et lève le coton sur une grande civière en travers la chaudière, on laisse égoutter, car le bain sert plus d'une fois; on porte au lavoir; on lave à deux hommes, c'est-à-dire deux fois, on tord et on sèche.

NOTA. Le débouilli fait perdre au coton, selon la

Digitized by Google

qualité de celui-ci 3 et jusqu'à 4 pour 100; ainsi une mise de 100 kilogr. ne pèse plus après cette opération que 98 à 96 kilogr. La teinture rouge (procédé n° 464) amène le coton à 106 kilogr., économie qui fait une augmentation produite par une bonne teinture de 8 à 10 kilogr. par 100 kilogr.

Une teinture de seconde qualité peut produire jusqu'à 20 p. 100, et une tout à fait déloyale jusqu'à 30 p. 100 pour le bon marché. Ainsi 100 kilogr. coton teint ne sont que 76 kilogr. 2/13e écru.

Dans quelques ateliers on chaîne le coton pour l'étendage, comme on le voit fig. 2432.

§ 2. *Bain bis.* 15 kilogr. fiente de mouton humide, de lessive à 2°. Avances de bains blancs, eau de sel de soude (carbonate cristallisé, sous-carbonate) le tout à 1 degré B. 7k,5 huile, pour les trois parties. Sécher, finir à l'étuve.

3e Second bain bis de même, sécher à l'air et finir à l'étuve.

§ 3. *Bains blancs.* 4°. Eau de soude (carbonate cristallisé de Maletra) à 9/10e degré. 6 kilogr. huile tournante, total 15 seaux (de 10 litres chaque) de bain, pour *avances* de quatre terrines et cent quarante-deux passes à 35 ou 40° centigrades. Barqué 12 heures, étendu, 3/4 séché à l'air, 1/4 à l'étuve. 5e, 6e, 7e, 8e, quatre bains blancs, idem. Il faut une semaine pour ces cinq opérations après toutes lesquelles, on barque, sèche partie à l'air et partie à l'étuve. Il vaut mieux passer le coton chaud de l'étuve, et si on ne peut immédiatement à la sortie faire cette manœuvre, alors on tient le coton dans un endroit chaud près ou sur la sécherie; dans les ateliers commodes il y a une place consacrée pour cela. Pour les cinq bains blancs, pour les 141k,5 coton, on emploie ainsi 30 kilogrammes huile. Il y a des teinturiers qui emploient jusqu'à 65 p. 100 d'huile. (Voyez *le Traité* de M. Persoz, tom. III, page 191.)

§ 9. *Dégraissage.* On met dans un cuvier uniquement destiné à cette opération une quantité suffisante d'eau pure et fraîche, on y verse cinq à six seaux d'eau bouillante, en tout cinquante à soixante seaux, on pallie et on y met tremper le coton pendant six heures, on le lève, laisse égoutter, puis on le lave à l'eau courante.

Ce bain de dégraissage sert ensuite pour composer les bains bis, le débouilli, l'avivage. On lave à quatre ou six hommes selon les meilleures manœuvres connues dans les ateliers, en laissant poser ou barquer deux fois et lavant jusqu'à ce que le coton ne salisse et ne blanchisse plus l'eau. On tord, étend, sèche à l'air et finit à l'étuve.

§ 10. *Premier engallage* avec 13k,5 galle d'Istrie et 5 kilogr. sumac Malaga, manœuvre ordinaire à la terrine à chaud, passer, rabattre, étendre à mesure; on ne doit faire l'engallage que par un temps sec, afin de sécher vivement, parce que, par un temps humide, le coton ne séchant pas de suite, il se fait une réaction de l'huile sur la galle humide, et le fond se tache, se bringe, se brunit par place inégalement, et cela a des inconvénients plus graves par la suite; à demi-dessiccation on doit donner un demi-tour à la perche; on met à l'étuve pour pouvoir *mordanter* le coton chaud. Chaque opération décrite emploie un jour de vingt-quatre heures; et dans l'hiver, il est difficile même de la faire subir en un jour à une partie de 200 kil., et de faire plus de trois à quatre opérations par semaine.

§ 11. *Premier alunage.* Mordant 28 kil. alun, deux seaux eau de soude à 1° 1/2 et dix seaux eau, plus deux seaux pour deux passeurs; ou quatre pour quatre passeurs. Il n'est pas nécessaire d'étendre de suite, comme pour l'engallage, on laisse barquer une nuit et on étend le lendemain avec tous les soins connus des praticiens pour égalir, à la terrine, au rabat, au barquage et aux perches; sur les perches ou barres ordinaires de 4 mèt. on étend 2 kil. de coton ou 4 tors; dans les temps humides il vaut mieux n'en mettre que 1k,5 ou 3 *tors* ou *mateaux*. Il est un soin général de propreté sur lequel on ne peut trop insister, non seulement pour la netteté des ustensiles, terrines, chevilles, barques, civières, bancs, perches, rampes, etc., mais même pour les mains, les tabliers et le vêtement des ouvriers; on prévient ainsi bien des taches, des bringeures, des accidents qui déprécient plus ou moins la plus belle teinture, soins qui n'importent pas moins que le choix de bonnes drogues et l'exécution de bonnes manœuvres en général aux passeries, à l'étendage, aux lavoirs, aux chevilles, aux lissoirs, etc.

§ 12. *Lavage du mordant.* Tremper douze heures, laver sur cinq ou six, sécher.

§ 13.	*Bains jaunes.*	1er jaune,	15 seaux eau	6k huile.
§ 14.	—	2	de soude à 8/10e	5
§ 15.	—	3	—	5
§ 16.	—	4	—	5
§ 17.	—	5	—	4
			Total.	25 kil.

Deux kil. de coton numéros superfins de la partie n° 466, ont reçu de plus trois passes au bain jaune. On sèche de même après chaque bain. Ce bain est dit jaune, parce qu'étant donné à du coton déjà engallé et aluné, il le jaunit de plus en plus à chaque bain, de sorte que la teinte de ce jaune fixe même très bien un teinturier expérimenté pour reconnaître quand les apprêts sont suffisants, ce sont des observations de pratique auxquelles rien ne peut suppléer; on dit aussi par cette raison, la *marche en jaune* pour la distinguer de la *marche en gris* (termes d'atelier), qui s'applique à un autre système d'opérations, consistant surtout à donner de suite les dix ou douze bains huileux, qui ainsi avec l'engallage et le mordant donnent au coton prêt à teindre une teinte grise caractéristique.

§ 18. *Deuxième dégraissage.* Autrefois on faisait ce dégraissage jaune immédiatement à l'eau courante en imbibant et trempant d'abord le coton, puis sept à huit heures après en le lavant cinq ou six fois, et on perdait le bain de ce dégraissage qui, à la vérité, est un peu coloré.

Depuis on a opéré comme pour le dégraissage blanc, mais ce bain un peu sali n'est pas si sûr pour un beau blanc lorsqu'on s'en sert pour débouillir; on le réserve plutôt pour l'avivage de brunitures pour lesquelles il n'y a aucun inconvénient.

Manœuvre, trempé, lavé six fois, tiré et gâché; séché.

§ 19. *Deuxième engallage.* 10 kil. galle en sorte en deux fois.

§ 20. *Deuxième alunage.* 34 kil. alun, trois seaux d'eau de soude à 1° 1/2; lavé 6.

§ 21. *Dégorgeage* à tiède; bain bis aux lissoirs, eau de soude 1/10e; lavé 2.

§ 22. *Teinture*:

Partie n° 464, 125k alizari, 5k sumac, 5 seaux sang, 2k,50 d'alizari par 1k coton;
Partie n° 465, 120k alizari, 5k sumac, 5 seaux sang, 2k,58 d'alizari par 1k coton;
Partie n° 466, 120k alizari, 5k sumac, 5 seaux sang, 2k,66 d'alizari par 1k coton.

Une seule chaudronnée à l'aise d'eau; pour chaque partie, en chaudière de trois mètres de long; quatre garanceurs.... *Manœuvre* trois heures et demie, plus une heure bouillon.

§ 23. *Altérants.* 1° Avivage à la chaudière autoclave. Chaque partie séparée.

Digitized by Google

N° 464, eau de débouilli à 2/5°, 9ᵏ sel de soude, bain à l'aise bouilli trois heures;
N° 465, eau de débouilli à 1/5° 8ᵏ,5 sel de soude, bain à l'aise bouilli trois heures;
N° 466, eau de débouilli à 1/5°, 8ᵏ,5 sel de soude, bain à l'aise bouilli trois heures.

§ 24. 2ᵉ Rosage en deux opérations.

NOTA. Autrefois pour chaîner, on mettait le coton par huit pentes 1 kil. comme (fig. 2430, F.)

Première à découvert.

464,	1ᵏ sel d'étain,	2 litres ac. nitr.,	40° B.	1 heure.
465,	1ᵏ —	2 —	32°	—
466,	1ᵏ,2 —	2 —	40°	—

Deuxième à couvert; à la chaudière autoclave.

10ᵏ	savon, bouilli	2	heures.
7ᵏ,5	—	3	
7ᵏ,5	—	3	lavé.

Les teintures très belles ont été payées 12 fr. 50 c. le kil. en 1821, elles revenaient moyennement à 11 fr. Bénéfice 1 fr. 50 c., soit pour la partie 214 fr. 50 c.

NOTA. On croit devoir noter ici que des échantillons de ce rouge de première qualité ont été compris dans la collection de 150 éch. grand teint et bon teint, envoyée à l'Exposition de 1823. (Une médaille d'or fut décernée par le jury central.)

ROUGE. GRAND TEINT (2ᵉ qualité). *Procédé moderne.*

100 kil. coton filé.

§ 1. Débouilli, lessive et dégraissage ordinaires dans une chaudière autoclave, bouilli huit heures. Laver, tordre, et sans sécher donner le bain bis.

§ 2. *Bain bis.* Un seau fiente de mouton, avances, sickiou à 3°, fournir le bain sans autre huile et seulement avec de l'eau de soude à 1° en quantité convenable pour la manœuvre usuelle aux terrines, passer, barquer une nuit et sécher.

§ 3, 4, 5. Trois bains blancs à 4 kil. huile, passer, barquer, tourner, étendre, cabrioler (se dit d'un demi-tour à la perche qui remet en haut ce qui est en bas et empêche le bain de couler), sécher, étuver et tenir chaud avant chaque passe, ces soins sont nécessaires dans tous les procédés et à chaque bain des apprêts gras. (M. Gastard donne intermédiairement trois bains d'acide nitrique à 1° pour le rouge écarlate.)

§ 6. *Premier dégraissage.* Eau froide, trempage de quatre à six heures, lever, tordre à la main, laver à l'eau courante, deux tours seulement sans gâcher, tordre sec et sans sécher, continuer le premier bain blanc suivant.

§ 7. *Quatrième bain blanc.* Sécher, 8ᵉ, 9ᵉ, 10ᵉ, 11ᵉ, 12, id. 9 et 10 sels, 11 et 12, bains blancs; mais cet ordre et ce nombre des sels et des bains blancs varie un peu, selon l'effet des apprêts, selon la qualité du coton, de l'huile, et selon les saisons. La pratique seule règle bien pour s'assurer de bons apprêts; en totalité on donne par ce procédé un bis, sept bains blancs exigeant 25 à 28 kil. d'huile, et deux sels. On compte ainsi la réduction : huit bains à 7/2 kil. ou sept bains à 8/2 kil. huile.

§ 13. *Deuxième dégraissage.* Tremper le coton chaîné dans de l'eau demi-tiède en été et 25 à 30° cent. en hiver; on lève, égoutte et lave.

NOTA. On garde avec soin le bain restant qu'on emploie tout entier, ce qu'on ne faisait pas autrefois, pour les premiers bains bis et blancs, en les renouvelant proportionnellement d'alcali et d'huile, ce qui fait bien de même et produit une économie notable pour une seconde mise qui peut aller de 6 à 7ᵏ,5 d'huile, de sorte que tout compté et déduit on n'emploie par ce procédé que 21 à 22 kil. d'huile par mise de 100 kil. de coton pour tous les apprêts. On lave du dégraissage sur quatre à six tours, et on sèche; l'étuve doit être tenue de 48 à 50° Réaumur pour bien finir de sécher; et on doit même y tenir ainsi quelque temps le coton sec pour sa combinaison intime avec l'huile; des cotons séchés à l'air si secs qu'ils soient ne seraient jamais aussi bien apprêtés que séchés à l'étuve; il n'y a pas d'économie à tenter de ce côté pour éviter les frais de l'étuve, son action est indispensable, même dans la saison la plus sèche et la plus chaude; cette action de l'étuve et le bon choix de l'huile sont des conditions fondamentales et essentielles pour avoir de bons apprêts; ceci est acquis de longue expérience.

§ 14. *Engallage.* 6 kil. galle en sorte et 7ᵏ,5 sumac. *Manœuvre double*, tordre serré au crochet pour pouvoir sans sécher passer à l'alunage.

NOTA. Chaque manœuvre économisée ainsi diminue les frais de 2 fr. par mise.

§ 15. *Alunage.* Premier 12 kil. d'alun, deuxième 13 kil. rabat avec 1 seau d'eau de soude à 2 degrés à chaque. Pour abréger une manœuvre, quelques teinturiers hasardent même de dissoudre l'alun dans la décoction de galle tirée à clair; mais on s'expose à brûler, car il y a une décomposition partielle du mordant dans le bain astringent et dès lors l'application en est incomplète, et de tels moyens d'économie sont très mal calculés.

§ 16. On ne fait point sécher non plus après l'alunage; on laisse seulement barquer la nuit; le lendemain on donne un premier tour de lavage à l'eau courante, équivalant au trempage; on laisse barquer 6 à 8 heures et le soir on lave fortement et définitivement 4 ou 6 tours pour pouvoir teindre mouillé immédiatement le lendemain.

Voici les abréviations des manœuvres et les modifications du procédé primitif, introduites par plusieurs contre-maîtres; on peut voir qu'elles tendent plutôt à altérer, détruire ou frauder un bon système d'opérations fixé par les anciens teinturiers. Cependant une modification importante a été introduite dans l'opération du rosage qui, au lieu de se faire en deux et même trois fois, se fait en une seule, mais toujours après un avivage préalable; néanmoins, il faut le reconnaître, ces nouvelles teintures n'ont pas toutes les qualités des anciennes qui déjà n'égalaient point celles des Indiens, sans contredit nos maîtres dans cette industrie.

§ 17. *Teinture.* Pour 50 kil. de coton à la fois et par chaudronnée : 1° 125 à 150 seaux d'eau; le coton sur 80 lissoirs à 5 pentes à chaque. 2° 25 litres de sang de bœuf ou de mouton nouveau. 3° Pallier, 1 kil. de galle ou 2ᵏ,5 de sumac en poudre. 4° 6ᵏ,5, dont 1/3 garance d'Alsace S F et 2/3 alizari de Provence; le bain à 16 à 18° C. On abat le coton; manœuvre à deux hommes (on paye cette manœuvre double; ainsi il n'y a pas d'économie à ne pas la faire à quatre); ces ouvriers fatiguent trop ou la manœuvre est moins bien faite; on règle le feu pour monter lentement et progressivement en 3 heures ou au moins en 2 heures 1/2 jusqu'à 90, 95 degrés centigrades. La manœuvre aux lissoirs pendant ce temps doit être incessante, surtout avec deux hommes seulement; alors on abat en cordes, on *met au fond*, et on fait bouillir de 3 à 5 quarts d'heure, jusqu'à ce que le bain soit bien tiré, ce qui se manifeste par une écume blanche, vive et qui ne tient pas; quand les apprêts et le mordant sont bons, alors l'opération va bien et le bain de garance s'épuise utilement, sinon parfaitement dans l'état actuel de l'art. Les garanceurs remarquent aussi comme indice certain d'une bonne teinture la lourdeur du coton. Par des apprêts secs, maigres, légers, par un alunage trop fort ou mal dégorgé, le coton flotte, prend mal, et ne pèse pas tant en effet sur les lissoirs. On ferme les ventouses, on

Digitized by Google

jette quelques seaux d'eau fraîche avec un balai sur les lissoirs, on lève, laisse refroidir et on lave deux fois.

NOTA. Il vaut mieux sécher après la teinture et donner un sickiou avant l'avivage. On voit que l'économie essentielle par ce procédé résulte de la moindre quantité de garance.

§ 18. *Altérants.* 1° Avivage, pour la partie de 100 kil. à la fois. Eau pure, quelques seaux d'avances grasses, ou 2 ou 3 kil. de savon, et 9 kil. de sel de soude de Rouen dit carbonate sec, *sel en pousse* (terme d'atelier).

NOTA. Le sel de Marseille semble trop caustique pour cette opération à quelques teinturiers, même en le diminuant relativement à son degré. La chaux employée pour sa fabrication et qui peut y rester quelquefois est, on le sait, très contraire pour la teinture rouge vif; elle la vire au cramoisi et de plus forme un savon insoluble avec l'huile des apprêts dont le coton est imprégné. Cependant on fabrique à Marseille des sels de soude purs.

On abat dans le bain d'avivage le coton disposé en *cocluches* (fig. 2429), on fait l'opération dans une chaudière autoclave, et après quelques cabrioles et ésourdages au moyen de longs leviers, en forte ébullition, on examine le premier effet de 5 minutes d'avivage sur le coton; puis on se détermine alors sur la durée de l'opération; on couvre et visse, etc., la chaudière et on fait bouillir convenablement; après une heure on juge encore de l'opération, mais, après une grande pratique, et sans voir le coton, seulement en tirant quelques gouttes du bain avec toute précaution contre la force de la vapeur, par le robinet, ou même seulement par ce qui filtre à travers les bourrelets. On lave le lendemain le coton toujours resté chaud et non pas en le laissant refroidir comme après le garançage; et, pour bien opérer, il faut laver de suite la mise à huit hommes ou bien ne retirer le coton de la chaudière qu'à mesure. On remet le coton en cocluches.

§ 19. 2° Rosage en un seul bain. — Dans la même chaudière qui a servi pour l'avivage et qu'on a rincée, on met 1° de l'eau pure; on chauffe; 2° on y coupe alors 7k,5 de savon blanc de Marseille; 3° séparément dans un seau d'eau chaude on fait dissoudre 5 hect. de sel d'étain; on verse cette dissolution dans le bain de savon bouillant; puis 4° aussitôt 3 hect. 75 d'acide nitrique à 36 degrés qu'on a aussi étendu dans un seau d'eau bouillante, et le tout réuni, brassé au grand bouillon; 5° on y abat les 100 kilogr. de coton lavé et bien égoutté de son avivage.

Manœuvre. Il faut quatre hommes avec le chef pour faire vivement et convenablement cette manœuvre en 5 minutes; il faut ésoudre, etc., 5 ou 6 fois avant de couvrir, et avoir eu soin de ne pas serrer les cocluches; on fait bouillir 2 heures seulement et avec modération, pour pouvoir découvrir sans danger; on desserre les vis peu à peu et on découvre alors la chaudière avec prudence, pour éviter l'effet subit de dépression de la vapeur et ces bouffées qui s'échappent de la masse du coton, même après le couvercle retiré, capables de causer de graves accidents; on retire alors de la chaudière 8 à 10 seaux de bain qu'on met dans un baquet; on y ajoute 4 kilogr. de savon déjà dissous d'avance dans de l'eau bouillante à part; on remplit la chaudière d'eau pure bouillante et à proportion de l'évaporation; on y verse la dissolution de savon par-dessus le même bain dans lequel le coton est resté; puis, de même par-dessus et au même instant, 7° la dissolution de 2hect.,5 de sel d'étain éclaircie par 2hect.,5 d'acide nitrique à 36° dans 2 seaux d'eau, avec manœuvre immédiate, preste et vigoureuse de cinq hommes adroits et robustes armés de longs leviers en bois d'aulne écorcé ou de pelard, pour remuer et bouleverser toute la masse de coton qui, on le sait, pèse en cet état de 5 à 600 kil., et cette manœuvre se fait à chaque addition partielle de nouvel agent et de nouveau bain, afin d'en rendre l'action uniforme et l'étendre à mesure et à l'instant dans toute la masse, ce qui d'ailleurs se complète et se finit bientôt de soi-même par l'ébullition qui n'a pas dû cesser un instant, et par la manière de tenir le feu vif en même temps; on couvre et visse la chaudière et la manœuvre est finie.

On soutient l'ébullition pleine, de quatre, cinq à six heures, selon ce que la vue du coton et du bain, et l'expérience, ont fait juger du progrès du rosage, de la couleur et de la teinte même du liquide au moment de l'abattage; on tient chaud et on lave ordinairement le lendemain matin; le bain reste d'ailleurs long-temps très chaud. On obtient ainsi *un bon rouge d'Andrinople*, présentant, il est vrai, des économies notables sur l'ancien procédé; dix-neuf opérations au lieu de vingt-quatre, et prix moitié moindre, mais la teinture n'est pas évidemment si corsée, si riche et si durable; elle revient moyennement à 5 fr. le kilogr., et se payait, en 1838, 5 fr. 25 c. à 5 fr. 50 c. le kilogr.; ne laissant plus qu'un bénéfice de 25 fr. à 50 fr par mise, moins toutes les chances de non réussite et les bonifications et escomptes abusifs ordinaires.

NOTA. Dans les couleurs un peu plus corsées, par ce procédé moderne, on va jusqu'à 40 kilogr. d'huile pour les apprêts pour 100 kilogr. coton pour rouge; on donne aussi un dégorgeage bis à 60°, centigr. après l'alunage, et on met jusqu'à 11/8 de belle garance pour 1 partie de coton, mais le plus ordinairement on réduit plutôt cette proportion jusqu'à 7/8. On a encore imaginé, pour économiser l'huile, d'y mêler par moitié de la graisse de porc; on y emploie aussi dans le même but d'économie quelquefois la potasse au lieu de sel de soude, puis on augmente le poids du coton par un dernier bain gras et un alunage habilement combinés, afin que la graisse et l'alumine s'ajoutent au coton sans modifier la couleur; et par ce moyen, en effet, on peut produire 10 à 15 p. cent de poids imperceptible pour un œil non exercé. C'est une véritable fraude qui soutient et favorise la vente à bas prix.

Il y a encore un autre mode de rosage susceptible de faire *prendre son savon* (locution d'atelier) au coton et d'en augmenter le poids de 20 à 25 p. cent, mais il peut ternir un peu le rouge et le rendre mat ou poudreux; il ne convient qu'à des couleurs foncées et communes. Ce coton engraisse bientôt les papiers dans lesquels on l'enveloppe.

On a encore un moyen, un peu moins déloyal, de foncer le rouge par le bichrômate de potasse, etc.; il y a aussi un procédé communément en usage maintenant pour cela, et qu'on croit utile de signaler aux consommateurs : il consiste à ajouter seulement, dans le dernier bain de rosage qu'on vient de décrire, une assez bonne dose d'un bon bain de rocou, préparé d'ordinaire avec son poids de bonne potasse et tiré à clair. On reconnaît aisément le coton teint ainsi : il suffit d'en mettre une échevette dans de l'eau avec un peu de cendres de bois, et de faire bouillir une minute; le rocou colore aussitôt le bain en rouge-orange. Tous ces procédés d'invention moderne ne nous semblent pas valoir la teinture réellement corsée, riche, solide et loyale du procédé ancien. Le goût, la concurrence, ou la nécessité peut-être, ont suggéré ces modifications; mais pour la plupart on ne peut les admettre pour des progrès réels de l'art de la teinture.

On a traité un peu longuement cet article, mais c'est parce qu'il doit ainsi nous servir pour toutes les autres couleurs garancées, pour lesquelles il nous suffira alors d'indiquer seulement l'ordre du travail.

Il y a quelques précautions essentielles à prendre dans une teinturerie en coton pour conserver en bon

Digitized by Google

état toutes les substances à employer; on ne peut citer ici que deux articles essentiels :

1° Pour conserver l'alizari moulu il faut éviter avec soin toute humidité et ne pas en faire des tas trop considérables; il s'échauffe ainsi et perd de ses qualités. Il faut des casiers en bonne menuiserie disposés convenablement en un premier étage;

2° Pour conserver de bonne huile tournante pure, constatée telle par les épreuves connues sur sa pureté par le nitrate de mercure, il faut placer les pièces dans des caves froides et sèches, plutôt que dans des magasins chauds et humides, comme on le fait dans quelques fabriques, dont les localités ne sont pas bien disposées. On évite ainsi une fermentation qui détruit son principe mucilagineux. Les limites de cet article ne nous permettent pas d'entrer dans beaucoup d'autres détails accessoires de pratique qui ont cependant une grande importance pour la réussite particulière de chaque opération, et pour la prospérité générale d'un établissement, et qui sont indispensables à connaître pour celui qui se destine à cet art. Nous renvoyons pour tous ces détails à notre traité complet, qui sera prochainement publié.

NOTA. On doit à MM. Girardin et Grelley, de Rouen, quelques tentatives pour abréger le procédé du *rouge grand teint*, par l'emploi de la garancine, de la colorine, et d'un extrait de garance, etc.; ils ont obtenu quelques succès en ce genre, mais leur procédé laisse encore à désirer pour devenir d'un usage facile et réellement économique, si tant est que ce soit vraiment un bien que cette propension générale de l'industrie à produire à bas prix, sans tenir rigoureusement à la qualité; et aux graves conséquences qui en résultent pour la classe ouvrière, dont le salaire dans cette industrie, est généralement diminué de plus de moitié depuis trente ans.

L'épuration préalable de la couleur de la garance a des applications plus spéciales, plus directes, et plus positives dans la *peinture* des tissus que dans la *teinture* des fils. Toutefois, quelques teinturiers en coton emploient maintenant la garancine, qui n'est encore qu'un premier degré de cette épuration, puisqu'elle n'équivaut qu'à 3 ou 4 parties de garance, tandis qu'une partie de belle laque peut concentrer la couleur de 85 à 90 parties de garance. MM. Thomas, d'Avignon, qui ont suivi le brevet de feu M. Lagier, offrent à l'industrie tinctoriale de la garancine et de la colorine en grande quantité.

On prépare aussi à Mulhouse une *garancine* (dite garanceux) de plus basse qualité, tirée de la garance qui a déjà servi, c'est au moins un progrès; on épuise ainsi tout le principe colorant mûri de la garance et indubitablement il en résulte des économies dans la fabrication des garancés; mais il y a à espérer mieux, et plus encore, pour la perfection de l'art de la teinture en général, d'une culture plus parfaite des divers végétaux colorants, mais surtout de la garance (*rubia tinctorum*) et du chayaver (*oldenlandia umbellata*) pour les grands teints. On ne peut émettre ici tous les faits et toutes les observations recueillis sur ce sujet, on se contentera d'une première note.

On a apporté en France des échantillons de garance *Mandichty*, cultivée au Bengale avec des soins extrêmes, et restée, dit-on, sept années en terre; on ne voit point de telles racines dans les alizaris de Provence, de Smyrne, de Chypre, d'Alsace. La grosseur en est plus que double de celle des plus fortes racines de nos contrées (10 à 12 millim. du diamètre); la partie moyenne la plus colorée est d'un rouge-brun remarquable par son intensité, comparativement à celle-ci, et évidemment supérieure, même aux plus belles racines du Levant, de trois années.

Des échantillons de coton (*Mémoires de l'Ind.*, tome XIII, page 146.) et de soie ont été teints avec ce mandichty alizari du Bengale, et il a été reconnu qu'il fournit plus de couleur, et que la proportion peut être estimée à 1 partie égale à 1 p. 3/4 de garance Alsace, S F.

En cultivant la garance ainsi, son principe colorant acquerrait de la qualité et augmenterait en quantité, d'où la racine prendrait plus de valeur intrinsèque, et ce premier travail de la nature, qu'il faut bien avouer plus habile que nous, pourrait alors faciliter beaucoup et même éviter une épuration qui reste nécessaire, peut-être principalement ou seulement à cause de l'imperfection même de la maturité de la racine ou d'une partie de son principe colorant lors qu'on la récolte souvent aujourd'hui, après dix-huit mois.

Le surcroît de dépenses de ce nouveau mode de culture, et de ce séjour de sept ans en terre, augmenterait, il est vrai, beaucoup le prix de la racine. Il resterait à vérifier, par quelqu'expérience en grand bien dirigée, si, en effet, la qualité supérieure et parfaite de semblables racines n'en dédommagerait pas amplement par la beauté des produits qu'on en obtiendrait, comme par la qualité et la quantité relativement aux plus belles garances. La nature est lente à perfectionner ses plus belles productions. Il faut, par exemple, un siècle de son travail incessant pour donner au cèdre toute sa force et toute sa beauté; il y en a bien d'autres preuves. On n'a nulle prétention à traiter un sujet si difficile, on a cru seulement convenable d'indiquer ce moyen naturel et si certain de perfection pour l'industrie dont il s'agit ici.

Pour mûrir et perfectionner le principe colorant de notre garance de France, il y a plus à faire par le cultivateur et l'agronome, à l'aide de la nature, dans les champs de Provence et d'Alsace, que par le chimiste, avec la science et l'art dans les laboratoires.

Il est à désirer qu'un habile et riche agriculteur fasse une expérience décisive en grand sur cet important article.

ROUGE. GRAND TEINT (2e qualité). ***Procédé nouveau.***

50 kilogram. coton.

1° Apprêts, marche en gris, 15 kilogr. huile, 8 bains, 1 sel à 7/10; — 2° engallage, 10 kilogr. sumac, manœuvres, etc., comme le précédent (M. Duval ne donne pas d'engallage.); — 3° mordant, acétate d'alumine à 10 degrés, estimé fournir comme 20 kilogr. alun. 2k,17 alumine pure qui se fixe au coton; on passe deux fois en acétate d'alumine à 130 degrés, centigrades; on sèche, lave, trempe, lave, etc.; — 4° dégorgeage en bain bis, à 55°, 2 tours au lavoir; on teint sans sécher, — 5° teinture : 1° 1 kilogramme gélatine; 2° 21 kilogrammes garancine bonne qualité, (si on a des eaux calcaires, on y ajoute 5 à 11 gram. ac. oxalique ou sulfurique par hectolitre) 1 kilogr. garancine Lagier, égale en produit à 3 kilogr. de belle garance; 3° 2 kil. craie, ou 1 kil. sel de soude, manœuvre ordinaire; — 6° on laisse deux ou trois nuits, à la rosée, puis on donne un avivage avec 7k,5 savon, et un rossage comme dans le procédé précédent.

Le prix de revient est diminué ainsi d'environ 20 fr. par mise sur le procédé précédent.

ROUGE DE MADRAS. GRAND TEINT (1re qualité).

50 kilogrammes coton.

Le procédé de Madras pour cette teinture a été décrit avec détails dans le *Technologiste* de juin 1846, p. 393; on le résume ici : 1° — Décruage, blanchiment; — 2° apprêts huileux avec 27k,5 huile de Gengely, fiente de cabri, sickiou, ou vieux bains, et 85 kilogr. de cendres de Naiourivy (*achyranthes, atropurpurea*, ou *caudata hérissé*); — 3° astringents, myrobolan, deux

Digitized by Google

qualités cassa et noona; — 4° mordant, 15 kilogr. alun.

NOTA. Quelques articles du rouge des Indes se font sans ce mordant (voir à ce sujet le *Mémoire sur la teinture des turbans de Madura*); — 5° teinture avec 175 kil. chaya-ver diverses qualités, à 45 c., soit 78 fr. 75 c. Pour un rouge analogue de fonds, il faut 75 kilogr. de garance à 1 fr. 50 c. le kil., 112 fr. 50 c.; — 6° le rouge, selon la méthode indienne, s'avive par un alcali à froid et l'exposition à l'air et au parquet; — 7° prix de revient à Madras, 3 fr. 85 c. le kilogr. (page 401 du *Technologiste*, 1846). Ce véritable *rouge des Indes* résiste plus à l'air, à la lumière, et à l'action des agents ordinaires d'épreuves que les meilleurs *rouges de garance* et *rouges d'Andrinople;* des expériences concluantes ont été faites à ce sujet, on en a cité une au commencement de cet article consistant en six mois d'exposition à l'air (voir dans le *Bulletin de la Société d'Émulation de Rouen, le tableau des substances colorantes employées dans l'Inde*).

La connaissance des procédés de teinture, peinture et apprêts des fils et des tissus de l'Inde, etc., nous a été acquise par une mission toute spéciale.

Ce fut sur la demande de M. le comte Desbassayns de Richemont, gouverneur des établissements français dans l'Inde, que MM. le ministre de la marine et des colonies, et le ministre de l'agriculture et du commerce envoyèrent, en 1827, en notre colonie de Pondichéry, divers agents industriels pour y fonder des établissements spéciaux reconnus nécessaires; mais principalement dans le but d'explorer, de connaître et d'importer, dans l'intérêt de nos manufactures, tout ce que le sol si fécond et si riche de l'Inde, et l'industrie si anciennement et si justement célèbre de ses habitants, pouvaient produire d'applicable au progrès et à la perfection de quelques articles jusqu'alors incomplétement imités en France. . . . . .

ROUGE DE GARANCE. BON TEINT (3e qualité).

50 kilogram. coton.

— 1° Débouilli à la lessive; — 2° chlorure de potasse faible; — 3° nouveau débouilli; — 4° mordant d'acétate d'alumine à 8° Beaumé. On rabat au mordant après avoir fait sécher; — 5° lavage et dégorgeage par un bain bis et blanc contenant 3 kilogr. huile; chaleur 70° centigrades, on manœuvre de quinze à vingt minutes et rince à l'eau courante; — 6° déblanchi 10 kilogrammes sumac, bouilli séparément, le clair seulement ajouté au garançage; un seau sang 12° 1/2, garance; — 7° deuxième teinture, avec 37 kilogrammes belle garance, vingt à trente minutes d'ébullition; — 8° exposition à la rosée et savonnage à 3 kilogrammes. savon.

NOTA. Cette couleur ressemble au rouge ordinaire en indiennes.

Prix de revient, 3 fr. 05 c. à Rouen.

Payé selon la réussite, 3 fr. 25 c. à 3 fr. 50 c. le kilogramme.

JAUNE. BON TEINT (n° 8233) (1).

(10 kil. de coton, Ch. L.)

On se contente souvent de décreuser à l'eau pure le coton en écheveaux destiné pour le jaune, le bleu, le noir, etc., de bon teint; cependant comme le débouilli à la lessive faible, dont on a toujours abondamment d'avance, est très peu dispendieux, il vaut mieux, quand cela est possible, s'en servir aussi pour ces couleurs. On les débout ordinairement à vase ouvert, quoiqu'il vaille mieux opérer aussi à vase clos, dans une chaudière autoclave, surtout si on opère sur 4 à 500 kil. de coton à la chaudronnée. En faisant bouillir seulement à vase découvert, 8 à 10 heures même, il restera toujours quelques parties mal décrues ou sèches, qui bringeront lors de la teinture, tandis que dans une chaudière convenablement fermée, en 2 ou 3 heures d'un fort bouillon, toute la masse de coton est bien pénétrée par l'eau bouillante et l'opération est parfaitement faite. Il s'accumule ainsi plus de chaleur, la vapeur agit efficacement et de plus on économise aussi un peu de combustible, enfin on peut faire le même jour deux opérations dans la même chaudière.

1° Pour le jaune, on lave et, sans sécher, on donne le mordant comme suit.

2° On mordante en acétate d'alumine comme précédemment pour le rouge de garance; le degré du mordant varie selon la nuance qu'on veut avoir. Pour un jaune plein on l'emploie à 10 degrés; pour un jaune moyen à 5, et pour un jaune pâle il suffit de 1 degré. On sèche, lave, et dégorge en bain bis, comme pour le rouge précité; on rince au dégorgeage.

3° On teint alors au quercitron dans la proportion, selon la nuance, de 12 à 18 kil. de cette écorce p. 100 kil. de coton. Il est préférable pour la pureté du jaune d'employer la décoction faite préalablement ou l'extrait, puis, si on mettait le quercitron dans la chaudière, comme on le fait pour la garance, il s'attacherait tellement au coton qu'il serait impossible de l'en séparer par les lavages; on le met quelquefois dans des sacs, même pour les tissus, à cause de cela; on y ajoute un peu de gélatine pour épurer un excès de principe astringent fauve qui ternirait la teinte et on ne fait pas chauffer au-delà de 60° cent. Sur le mordant d'étain on fait un jaune aussi très bon teint.

Pour teindre en beau jaune par la gaude, il suffit de la choisir de première qualité, puis d'en faire la décoction à l'eau bouillante, d'une botte de 6 kilogr. par 10 seaux de bain; de passer le coton alcalin, alumiué, dans ce bain à la chaleur de la main, d'y ajouter un peu de dissolution de verdet et de sel de soude, ou de potasse. On n'alumine quelquefois point; avec le mordant seul de verdet le teint est moins fixe; on donne ainsi au baquet un seul, ou deux à trois bains, selon la nuance. Si on opère au grand bac, on peut monter de suite à la nuance voulue foncée ou claire, en un seul bain; on obtient par ce procédé le jaune ordinaire de la rouennerie. On le rehausse quelquefois ou l'*affleure* d'un peu de rocou et de curcuma de faux teint, il est vrai, mais qui, résistant bien aux acides, semblent lui donner une qualité; car le jaune de gaude, soit sur mordant d'acétate d'alumine, soit sur celui d'acétate de cuivre, ou d'acétate d'étain, se vire toujours par les acides même faibles. On sait que les alcalis le ramènent aussitôt à sa nuance primitive et l'exaltent même, si l'acide n'a point été trop énergique ou trop longtemps appliqué. On le fixe mieux par un bain de sulfate de cuivre, puis de savon bouillant.

On fait aussi un jaune qualifié de bon teint par le chrômate de plomb; on en parlera au chapitre des *Couleurs métalliques*.

On fixe et brunit aussi les jaunes de quercitron et de gaude par le bichrômate de potasse pour quelques teintes mixtes.

Pour un jaune très doré, mais terne, on peut y allier le teint de la garancine, mais généralement on ne connaît pas d'autre procédé que d'y ajouter du bain de rocou, préparé à l'ordinaire avec un alcali; mais cette teinture n'est pas de bon teint. On a cependant dans le capilapodie (*rottlera tinctoria*) un agent colorant de *bon teint* parfaitement convenable pour la couleur orange, etc. (voir à ce sujet le mémoire précité, page 441).

NOTA. Le quercitron de Philadelphie moulu s'achete

(1) Les numéros que nous joignons à chaque couleur sont ceux du journal de M. Gonfrèville.

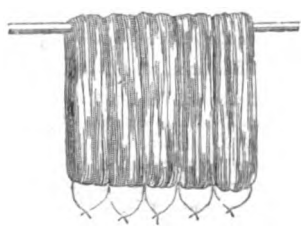
Digitized by Google

à 28 fr. les 100 kil. et se vend à 36 à 40 fr., avec bonification de 3 à 7 p. 100.

Le capilapodie se vend à Madras à 1 pagode ou 8 fr. 40 c. les 2 touques ou 3k,5.

BLEU. BON TEINT (n° 3764).

1° CUVE A CHAUD. La cuve à chaud se monte ainsi : 1° Dans 4 à 500 litres d'eau, 3 kil. de bel indigo préalablement trempé 48 heures avec le quart de son poids de potasse d'Amérique et un seau d'eau bouillante, puis moulu et tamisé avec soin. 2° Dans une petite chaudière de trois seaux (30 litres), on fait dissoudre 12 kil. de cendres gravelées de Naples ; on décante pour ne mettre dans la cuve que le clair seulement ; on en garde un quart pour le second brevet, et séparément on fait bouillir 30 à 45′ aussi pour deux fois, ou deux brevets 2 à 3 kil. de son, et on verse le tout clair dans le bain de la cuve qu'on a chauffée aussi pendant ce temps et qu'on entretient de feu modérément vers 55 à 60 degrés C. On pallie souvent, et en 24 à 36 heures au plus la cuve doit être en état de travailler. Deux heures après le dernier palliement on peut commencer à teindre. L'entretien de cette cuve exige une grande expérience et on ne peut ici entrer dans aucuns détails à ce sujet qui d'ailleurs a été traité ; mais on conseille surtout de pratiquer pour bien la conduire à profit. Selon l'usage le plus commun on ne passe sur cette cuve le coton en écheveaux qu'avec un seul lissoir (fig. 2434) court et entrant dans la cuve,



2434.

5 hect. de coton à la fois, et la manœuvre diffère ainsi de celle de la cuve à froid en ce qu'à chaque tour le mateau plonge entier dans le bain, tandis que sur la *cuve à froid* il est d'usage général de passer par 4, 6, 8, 10, etc., longs lissoirs à la fois, sauf en dernier pour échantillonner. Pour bien opérer la *manœuvre*, un ouvrier passe et un autre tord à mesure à la cheville ; sur des cuves bien en état, 4 à 5 passes suffisent pour monter au bleu violet cuivré.

Ce bleu à chaud est mieux pénétré dans le coton et l'étoffe en général que le bleu à froid ; il est moins vif, parce qu'on n'est pas dans l'usage de le passer à l'acide comme pour celui-ci. Dimensions ordinaires de cette cuve : hauteur 2 mètres ; diamètre en haut 1 mètre, en bas 80 centimètres.

2° CUVE A FROID. Cette cuve est tellement connue aujourd'hui qu'il doit suffire ici d'indiquer les proportions et seulement quelques soins de pratique pour bien la monter. Voici le mode suivi pendant vingt années, pour 244 cuves à froid, réparties dans 4 ateliers, dans la teinturerie de MM. F. et D. Gonfreville, de Deville, près Rouen :

Les tournées sont de 5 cuves pour le premier atelier, de 6 pour le second, de 8 pour le troisième, et de 12 pour le quatrième. Il arrive cependant que quelques modifications sont nécessaires dans les proportions relatives de ces ingrédients, selon la qualité de l'indigo.

1° Pour l'*indigo* belle qualité, on met dans une quantité d'eau bouillante suffisante, pour le faire tremper à l'aise, le quart de son poids de potasse, et lorsque l'alcali est dissous, on tire à clair et on verse sur l'indigo qui se fendille et craque ; on le laisse tremper quelques jours et on le broie et le tamise.

2° *Potasse*. On la fait dissoudre simplement dans l'eau pour l'employer.

3° *Sulfate de fer*. On doit le choisir bien vert, à l'état de protoxyde, sans rouille qui fait un dépôt inutile dans la cuve, non bleu ni bleuâtre, parce qu'il contient ainsi du sulfate de cuivre nuisible à la désoxygénation de l'indigo ; ni noir, parce qu'il contient alors un peu de principe astringent avec lequel on le fraude ainsi pour la convenance de quelques acheteurs.

4° *Chaux*. Doit être vive, légère, pure ; il faut la bien déliter, même à l'eau chaude, avant de la mettre dans la cuve.

Pour monter la cuve, 1° on met 750 à 800 kil. ou litres d'eau pure et froide dans une cuve convenable et aux trois quarts pleine pour la manœuvre ; on fait des cuves carrées en ciment qui sont plus commodes pour cela que les pièces rondes en bois dont on se sert. 2° On met le sulfate de fer, et on le laisse dissoudre ; il suffit pour cela de 10 à 15 minutes ; on pallie pour aider. 3° On met de suite la chaux délitée et grossièrement passée à travers un charrier ou châssis de grosse toile ; on pallie. Enfin 4° on ajoute immédiatement l'indigo broyé avec soin comme il a été prescrit ; on pallie. La cuve doit se trouver alors presque pleine ; on laisse 24 heures la cuve agir ainsi en la palliant de temps en temps, et alors elle doit être parfaitement *venue* et verte sur un fond jaune, veinant bien et couverte d'une belle et abondante fleurée violette, on la remplit avec les lavures des ustensiles, on lui donne un dernier palliement, on la couvre, ce que beaucoup de teinturiers ne font pas, et 24 heures après on peut teindre dessus. Quelques ateliers ont des cuves pour 4 passeurs, et à 15 kil. d'indigo.

Pour *passer* on écume la fleurée abondante qui tacherait le coton, et on la met sur la cuve voisine ; après le palliement complet de 40 à 50 kil., on la pallie, on remet la fleurée qui peu à peu se redissout. On teint en une série de passes selon les nuances.

Après la teinture, on passe dans un bain acidulé, soit à l'acide sulfurique, mais plutôt par l'acide hydrochlorique, préférable en ce qu'il fait un sel de chaux soluble.

On abrège ici les détails des précautions nécessaires pour teindre bien et économiquement.

60	cuves p. bleus clairs;			1° 2k	indigo Bengale;	2° 5 hect.	potasse;	3° 6k	sulf. de fer;	4° 4k	chaux;	n° 3260
60	—	— moyens;		3k	—	7k,5	—	8k	—	5k	—	n° 3259
64	—	—	—	4k	—	4k	—	10k	—	6k	—	n° 8460
60	—	— foncés;		5k	—	4k,25	—	12k,5	—	7k,5	—	n° 10287
244												

Couleurs binaires.

AURORE (rouge et jaune). BON TEINT (n° 10107).

On fait en bon teint toutes les couleurs binaires résultant de l'union du rouge et du jaune, par la garancine et le quercitron. L'orange ou chrômate de plomb, exalté ou *viré* par un alcali, et qui résiste à la lessive et à l'air, etc., peut être compris dans les couleurs bon teint, quoique cependant les acides, même faibles, le virent au jaune.

Pour les nuances et teintes orange, aurore, capucine, langouste, etc., de cette classe, on mordante le coton

Digitized by Google

en acétate d'alumine plus ou moins fort, on fait sécher, et on rabat au même mordant pour les nuances les plus foncées; un seul passage suffit pour les claires et les moyennes; cependant, pour assurer bien l'égalité, l'unité, l'uniformité du teint, on passe aussi deux fois assez souvent, en diminuant alors en proportion la force du mordant. On dégorge comme précédemment par un *bis*, et on teint dans un bain de quercitron préparé quelques heures avant, sans bouillir et tiré à clair, et on y ajoute 1/2, 1, 2, 3, 4, 5 hectogr. de belle garancine par 5 kil. de coton; la proportion de garancine est déterminée par la nuance qu'on veut obtenir; on chauffe lentement et on ne passe point la température de 60 à 65° centigrades. Ces couleurs s'avivent bien par un léger savonnage, dans lequel on ajoute un peu de sel d'étain, ou simplement on les livre ainsi au fabricant, et, après le travail du tisserand, le curandier se charge seul de ce dernier avivage qui résulte naturellement de ses opérations, qui ont pour but essentiel, tout le monde le sait, de nettoyer et dégorger les pièces de l'encollage, du parement du tisserand, etc., et qui consistent simplement en quelques débouillis, rinçages, battages et expositions au pré.

Qu'on nous permette ici une courte digression à ce sujet, qui se rattache d'ailleurs à l'une des dernières attributions du teinturier, comprise dans la classe des *altérants* : le travail du curandier a quelque influence sur l'état définitif d'une teinture dans les tissus dits *rouennerie*s; il présente aujourd'hui plus de difficultés qu'autrefois, relativement aux basses qualités de teinture qu'on a introduites. Son travail était bien facile lorsqu'il ne s'appliquait qu'à déterger des cotonnades de bon et grand teint; il n'avait aucune espèce d'avarie à craindre des agents simples qu'il y employait. Aujourd'hui qu'on les adultère constamment de couleurs petit teint, ou demi-bon teint, et demi-petit teint sur un seul et même fil, il doit modifier en conséquence ses opérations, pour réussir à bien nettoyer les étoffes des impuretés des apprêts qu'y laisse le tisserand, sans altérer les couleurs; on le dispense même de ce travail pour quelques articles, et on laisse directement à l'apprêteur ce soin. Le curandier ne fait plus les mêmes opérations, n'a plus exactement les mêmes attributions, ou plutôt il a changé ses procédés primitifs, si bons, si efficaces pour la propreté et la salubrité d'un tissu neuf, et surtout pour garantir que ce qui restait au tissu, après le curandage, était bien réellement d'excellente teinture, et cela toujours pour faire à bon marché de très mauvaises qualités et pour ménager les intérêts réunis du filateur, du teinturier, du tisserand, du fabricant, de l'apprêteur et du marchand, pour mieux tromper le consommateur, qui croit pouvoir concilier la bonne qualité et le bas prix; le curandier n'a le plus ordinairement pour ces articles qu'à les échauder légèrement.

Les couleurs aurore et dérivées, faites aussi par le quercitron et la garancine, ne sont pas aussi vives que celles par le rocou et le sel d'étain. On peut obtenir une couleur orange bien supérieure à celles-ci en éclat, et ayant de plus la qualité de bon teint, en virant du rouge d'Andrinople et du rose par l'acide nitrique étendu convenablement et sans altérer le fil, mais ce procédé présente quelques difficultés, et surtout occasionne des dépenses qui ne permettent pas d'en faire une application courante au goût du jour.

M. D. Gonfreville a importé de l'Inde et signalé, entre plusieurs autres substances colorantes de ces contrées, une substance colorante appelée *capilopodie* dans l'Inde, *sidaimom* au Pégu (*rottlera tinctoria*), usitée pour cette couleur en bon teint. De premières notions à ce sujet ont été données dans sa correspondance au Ministère de la marine et des colonies dès 1828, et ses applications en sont citées dans le *Mémoire sur les madras*, publié dans le *Technologiste*, juillet 1846.

VERT (jaune et bleu). **BON TEINT** (n° 13028).

Toutes les nuances du bleu et du jaune se combinent pour produire toutes les nuances du vert. Pour un vert solide on ne doit employer que le bleu de cuve, et il y a même une préférence toute naturelle à donner au bleu de cuve à chaud; les dissolvants de l'indigo qui y sont usités conviennent mieux au teint de gaude, par exemple, que les dissolvants ou les composants de la cuve à froid; puis aussi le bleu à chaud, on le répète, est plus intimement fixé au coton que le bleu à froid, mais le vert est un peu terne si on ne prend pas la cuve à propos. On donne un pied de bleu de cuve pour un vert moyen, on sèche, on mordante en alumine, et on teint en quercitron ou gaude comme il a été dit pour le jaune. Il faut bien dégorger le bleu avant de le mordanter; il est même nécessaire pour bien opérer de le laver dans l'eau la plus chaude possible à la main.

On fait aussi un vert bon teint, comme suit :

1° Cuve;

2° Plombate de chaux;

3° Acide muriatique;

4° Finir au chrômate; on passe au chlorure de chaux pour vivifier et oxyder le bleu.

La sarrette, la genestrolle, quoique donnant de très beau vert, ne sont pas assez solides pour être introduites dans le procédé de bon teint. Les graines d'Avignon et de Perse ne conviennent aussi qu'aux petits teints.

Pour un vert foncé on donne un pied de sumac avant le mordant, mais si on introduit cet astringent dans un vert clair on le porte à une nuance moins vive, qui ne convient qu'à l'olive, au vert américain et au vert russe.

VIOLET (rouge et bleu) foncé. **BON TEINT.**

(Bas prix, n° 11,558.)

1° Débouilli 2 degrés, 4 huiles D^e, puis 6 huiles D^e; 2° mordant (pour 75 kil. de coton); 3° 12^k,5 sulfate de fer, 2^k,1/2 acétate de plomb. Le bain décanté; 4° Rabat même quantité, plus 7^k,5 alun, 5 hecto. deuto-chlorure de mercure, lavé; 5° dégorgeage par un bain bis, lavé 2; 6° teinture en deux fois, 75 kil. garance et 7^k,5 sumac; 7° avivage avec une mise d'écru, à l'eau simple. sorte de vaporisation ou d'exposition à la vapeur, la couleur se nettoyant un peu par ce décruage, ne se vivifiant pas, mais se fixant bien mieux ainsi.

Lorsque les apprêts sont bons, que le coton est *lourd* au garançage, ce qui indique qu'il prend bien son teint, et ce dont les ouvriers garanceurs jugent irrévocablement à ce seul indice, si les lavages et dégorgeages ont été bien accomplis, si les apprêts ont tenu, si le mordant a bien pris, si le coton prend bien, s'il est de bonne qualité pour la teinture; alors le bain de garançage ne doit pas *tourner*, ce bain durant l'opération reste constamment d'une teinte rosâtre de bon augure, et non point noirâtre. Lorsque le bouillon vient à s'élever, en quelques minutes l'écume, la mousse du bain devient blanche, ne se soutient pas, pétille un peu, tombe, et une goutte du bain posée sur la main se présente nette, transparente et pure; à tous ces signes l'opération est en bonne voie, et ceci est grave en quelques circonstances, lorsqu'on fait, par exemple, des chaudronnées de 50 kil. de coton très fin et de prix, pour lesquels on met quelquefois 50 à 60 kil. de garance, etc., et qu'alors quatre ou cinq cents francs de marchandises sont en œuvre; on voit qu'il est utile de bien conduire l'opération; car si le bain tourne, si les proportions sont mal établies, si on ne veille pas les manœuvres, le tout peut être gâté et perdu, ou peu s'en faut; on voit alors l'utilité de l'expérience acquise pour parer à temps une contrariété, une circonstance, un incident imprévus. L'opération est plus ou moins imparfaite et mauvaise, si le coton flotte au lieu de s'enfoncer dans le bouillon

Digitized by Google

d'une certaine manière, si la couleur du coton ne monte pas à mesure de la manœuvre, si le bain forme une écume grasse qui ne peut pas s'affaisser et se dissoudre d'elle-même peu à peu dans le bain, si celui-ci est ensuite terne ou opaque, c'est un signe infaillible qu'il *tourne* en partie, que la galle, les apprêts et le mordant dégorgent, que le coton ne les retient plus convenablement bien, que les affinités tinctoriales sont détruites ou contrariées. Tout cela fait voir que le dégraissage principalement a été mal exécuté, et que l'huile employée était de mauvaise qualité, ou bien encore que les lavages des mordants ou que le dégorgeage ont été incomplets, et quelquefois, directement, que le coton est *ingrat*, que la garance est de basse qualité, etc. ; alors de tout ceci il ne résulte qu'une teinture maigre et sans valeur sur laquelle il faut prendre son parti, et qu'il vaut mieux, dans ce cas, remonter de suite en une forte bruniture commune pour en tirer quelque parti, au lieu de la perdre entièrement par l'avivage.

7° POUR VIOLET VIF. Quand l'opération est bonne on continue ainsi : on donne l'avivage pour un violet qu'on veut vivifier, à 9/10 degrés, lessive, etc., à l'ordinaire à la chaudière autoclave, bouillon de trois à quatre heures, on lave, et on finit par un rosage avec 5 ou 6 kil. de savon et bouillon de une heure à quatre heures, selon l'effet du premier avivage.

NOTA. Pour un violet bleu, foncé et de prix, il faut compter sur 40 kil. huile par 100 kil. coton et 150 kil. garance ; le mordant se fait au per-nitrate de fer et le rosage au chlorure de potasse. Avant d'accepter la direction et la responsabilité d'opérations si importantes et si dispendieuses, il faut, après de bonnes études chimiques spéciales, acquérir une véritable expérience dans les ateliers, et ne pas croire que cette industrie puisse jamais s'apprendre autrement et ailleurs (le prix de teinture s'élève ainsi à 550 fr. la mise de 100 kil.).

PALLIACAT foncé. GRAND TEINT (50 kil. coton).

1° 10 bains, 20 kil. huile, *Engallage*. Pour cette couleur, il suffit de faire succéder au mordant violet précédent un alunage proportionné à la teinte rouge qu'on veut obtenir, entre 3 à 8 kil. d'alun pour 50 kil. coton, ou même en ajoutant l'alun au dernier rabat. Pour la nuance approchant du palliacat de l'Inde, on donne 10 kilogrammes alun, plus un seau d'eau de soude à 2° ; on lave du premier mordant appelé *garigouy* (terme d'atelier), on sèche à l'air et finit à l'étuve. Alunage ainsi : au cinquième, à la terrine, avec les mêmes manœuvres et soins que pour le rouge d'Andrinople, pour l'engallage qui précède le premier mordant et pour l'alunage ; on étend et fait sécher à mesure, puis, quarante-huit heures après, on trempe six heures, on lave, et puis si on trouve bien par un petit essai de laboratoire, qu'il est souvent prudent et utile de faire pour vérifier un mordant et le ton qu'il produira au garançage, et pour s'assurer s'il n'est point besoin de dégorgeage, alors on se prépare pour la teinture. *Teinture*. Pour une nuance riche on va jusqu'à 5/4 et même 6/4 de très belle garance, ou alizari de Smyrne de trois ans pour 1 kil. de coton ; pour une nuance moyenne, parties égales suffisent ; on *avive* à l'eau grasse et on *rose* à l'alun et au savon.

On voit combien de variétés de nuances et de teintes peuvent se faire ainsi, selon la composition des mordants et les proportions relatives des agents qui y concourent.

On voit que les sels de fer, sulfate, nitrate, muriate, acétate, sont la base des violets et palliacats noirs et dérivés ; les sels d'alumine, sulfate, acétate, etc., la base des rouges. Les sels de cuivre agissent aussi comme mordants et seuls, sur des apprêts d'huile, ils portent ou virent la couleur de la garance à une nuance brunâtre, qui en général fonce encore la couleur sur mordant d'oxyde de fer. Le sel de Saturne, acétate de plomb, ne sert que pour la double décomposition des sulfates, le sel ammoniaque, le sel de nitre, modifient seulement l'acidité ou l'alcalinité du mordant. Ici le sel d'étain n'est point employé comme mordant. On l'applique plus à propos après la teinture et l'avivage, lorsque la couleur dominant en rouge est déjà en partie épurée, pour lui donner son plus grand éclat. On avive les nuances palliacat comme celles du violet ; mais pour le rosage, on préfère en général l'action de l'alun aidé d'un peu d'acide sulfurique ou nitrique. Le rosage au sel d'étain ne convient pas au violet pur ni au palliacat pur, à moins d'un rouge très dominant ; et il y a aussi une différence très remarquable dans la manœuvre, comparativement à celle employée pour le rosage du rouge. Le palliacat se rose aux lissoirs et à la chaudière à teindre, et non pas en cocluches et à la chaudière autoclave ; cette différence est surtout due à ce que la bruniture tacherait, bringerait infailliblement en *cocluches*. Après le piquage ou *petit bain* à l'alun pour le palliacat, on lave, et met cette fois en cocluches pour le savonnage ordinaire ; de cette manière, en général, on obtient des couleurs d'une très grande solidité, parfaitement nettes ; elles résistent aux acides et aux alcalis, ayant fait tout leur effet en ce sens par les deux opérations qui constituent l'avivage et le rosage, et qui les terminent.

Les violets se rosent ou virent par les chlorures *alcalins*.

VIOLET PUR, *nuance*. GRAND TEINT.

(n° 9607), 100 kil. de coton.

1° *Apprêts*. Débouilli à la lessive, 2 bains bis et 8 blancs ; on donne un demi-dégraissage après le cinquième bain et un dégraissage entier après le dixième. Quelques teinturiers préfèrent employer la potasse pour les bains d'apprêts. On l'emploie de 6/10 à 8/10 degré, rarement au-delà, et selon l'huile ; on ne sèche point, après le lavage du dégraissage, on tord trois fois et sec, on cheville avec le plus grand soin, on sépare les quatre pentes de chaque tors, on décroise les écheveaux mêlés, on sépare la chaîne de la tissure, etc., pour passer au mordant.

2° *Mordant*. 1° *Passage*, par 50 kil. de coton à la fois 100 tors 100 litres de bain pour la manœuvre au baquet ; 2 litres 1/2 pernitrate de fer à 12°, manœuvre à froid ; après l'évent, 2 tours à la rivière, tordre et cheviller. 2° *Rabat*, même quantité d'eau et 3 litres 1/2 pernitrate de fer à 12° ; même manœuvre et évent.

3° *Lavage du mordant*. Manœuvre à 4 hommes à l'eau courante, 4 tours. Pose de 4 heures et 2 tours. Le coton est rouille-clair très pur.

4° *Dégorgeage*. Aux lissoirs en bains bis à 7/10° aréomètre B. et 55° à 60° thermomètre C., 25 à 30 minutes de manœuvre et 2 tours à la rivière.

De même pour les 50 autres kil. de coton. Total pour le mordant des 100 kil., 12 litres pernitrate de fer.

5° *Teinture*. Par chaudronnée de 50 kil. de coton, 150 à 175 seaux d'eau pure : 1°.25 kil. de garance S F, manœuvre 3 heures jusqu'à 80 à 90°. Lavage. 2°.50 kil. moitié S F, moitié alizari de Smyrne, première qualité, *m, m.* (1). Lever à 100°.

6° *Altérants*. 1° Avivage à 1 degré ; 2° Débouilli avec 100 kil. de blanc ; 3° Rosage ordinaire au chlorure de potasse ; et 4° 7k,5 de savon. Bouilli 6 heures.

ROUGE CERISE (n° 4377), 65 kil. de coton, moitié chaîne Louisiane, moitié tissure Fernambouc — 1° Apprêts blancs. Débouilli à 1° 1/2, 2 bis, 4 blancs. Dégraissage. — 2° Engallage en 1/13. — 3° Alunage au 1/8. Lavage sur 8. — 4° Apprêts jaunes. 4 huiles à 2 kil. d'huile. — 5° Dégraissage. Lavage sur 6. — 6° Ensumacage au 1/10. — 7° Alunage au 1/5. —

(1) *m, m*, signifie même manœuvre.

Digitized by Google

8° Tremper 6 heures, laver 6 fois. — 9° Teinture. 60 kil. d'alizari, 2 seaux sur 1k,5 de sumac. Bouilli 45 minutes. — 10° Avivage à 1°. Débouilli à 1°. Rosage 10 kil. d'alun, 1 kil. d'acide sulfurique et 10 kil. de savon. Bouilli 3 heures.

ROSE PALE (n° 4301), 75 kil. de coton. — Apprêts : débouilli 2 bis, 8 blancs. — Mordant : alunage au 1/6. — Dégorgeage : bains bis 70° C. — Teinture : première 25 kil., deuxième 10 kil. d'alizari de Provence. — Altérants : 1° avivage; 2° débouilli avec 100 kil. de coton blanc; 3° rosage, premier 7k,5 d'alun et 2 kil. d'acide sulfurique, deuxième 10 kil. de savon. Bouilli 6 heures.

LILAS. Grand teint (n° 3127), 60 kil. de coton; nuance bleutée très claire, vive. — 1° Apprêts : premier, débouilli; deuxième, 2 bis; troisième, 1 sel; quatrième, 6 blancs. Dégraissage tiède. — 2° Mordant : eau 3 seaux; avances dans les terrines : 2 hect. 1/2 d'acide sulfurique, 1 hect. d'arsenic, 5 kil. de sulfate de cuivre et 2 kil. 1/2 de sulfate de fer; manœuvre vive à 4; rabat idem. — 3° Teinture : 48 kil. de garance en 2 fois, première 88°, deuxième 100°. — 4° Altérants : 2 savonnages, premier 8 kil., deuxième 10 kil.

MAUVE (n° 4666). 80 kil. de coton. — Débouilli : 10 bains; double dégraissage. — Mordant : 7k,5 de sulfate de fer, 7k,5 d'alun, 5 kil. d'acétate de plomb, 1 kil. de nitre. — Teinture : 60 kil. d'alizari, 3 kil. de sumac; avivage à 8/10; piquage 12k,5 d'alun; rabat 5, et 5 kil. de savon.

NOTA. En augmentant la proportion de la dissolution de fer, nitrate ou acétate, on brunit nécessairement la couleur; l'acétate de fer, on le sait, ne peut s'appliquer qu'à froid ou tiède, à cause de la volatilité de l'acide acétique. Pour les nuances les plus foncées et dans lesquelles on cherche quelque économie, on donne un engallage proportionné, mais jamais ainsi on n'obtient des nuances aussi vives, ni aussi solides, que montées toutes en garance, sur mordant en dégraissage sans galle. Le bain astringent aide à unir le mordant.

MORDORÉ (n° 548), 25 kil. de coton fin, tissure Géorgie. — Débouilli 1° 1/4; 10 bains. Premier engallage 2 kil. de galle et 2k,5 de sumac séché. Premier mordant 6 kil. d'alun, 3 kil. de sulfate de fer; 4 bains gris. Deuxième engallage 1 kil. de galle, 2k,5 de sumac séché.

Mordant aux vases en cuivre en forme de terrines ordinaires et qu'on peut entretenir chauds pendant toute la manœuvre des mordants. 1° Passage : 2 kilogr. de sulfate de fer, 2 kil. de sulfate de cuivre. — 2° Rabat : 2 kil. de sulfate de fer et 1k,5 d'alun; barquer une nuit; laver sans sécher.

Dégorgeage en bain blanc 1/2 heure, à 5/10 aréomètre B, et 55 thermomètre C. — Teinture : première 2 kil. de sumac, 10 kil. de garance; deuxième 1 kil. de sumac, 25 kil. de garance. — Avivage à 1 degré. — Rosage à 3k,5 de savon.

GIROFLÉE (n° 656) 55 kilogrammes de coton (chaîne et tissure en deux parties). — 1° Apprêts : débouilli; 2 bis, 7 blancs, 1 sel 1°. — 2° Mordant, pour moitié en deux fois. Premier mordant 2 seaux 1/2 d'acétate d'alumine (5 kilogrammes d'alun et 2k,5 d'acétate de plomb) à 30° C; deuxième mordant, après avoir bien lavé le premier, puis tordu et chevillé, et passé mouillé au baquet à large bain et à petit tors. Ce bain prend difficilement sur l'alumine, mais c'est précisément ce qui lui donne le velouté, car il ne teint ainsi en noir presque que le duvet. 3 litres 1/2 peracétate de fer à 8° B et 30° C. Lavage; sécher; 1 bain blanc; laver 2 tours. — 3° Teinture, pour 1/2 du coton : première 12k,5 de garance, jusqu'à 90°, et 2 kil. de sumac; deuxième 22k,5 kil. de garance et 2 kil. de sumac. Bouillir 25 minutes toute la partie. — 4° Avivage : 7k,5 de sel de soude. — 5° Rosage : 2 kil. de savon.

Prix de revient 385 fr. Payé 425 fr. en 1839.

LILAS VIOLET. Grand teint (n° 7741), 60 kil. de coton. — 1° Apprêts : débouilli 1° 1/2; 8 bains; 27k,5 d'huile. — Mordant : 3 litres pernitrate de fer à 10°, 2 litres au passage et 1 au rabat. — 3° Dégorgeage : lavé mouillé, trempé 4 heures, puis tiré et gâché 6; 1 bis 1° 1/2, lavé 2°. — 4° Teinture en deux opérations, première 12k,5 88°, deuxième 40 kil. 88° belle garance Alsace. — 5° Altérants : 1° avivage à 1° 1/2; 2° débouilli; 3° chlorure de potasse 7/10; 4° 7k,5 de savon.

VERTS. Bon teint (n° 571), 75 kil. de coton. — 1° Pied de bleu de cuve à chaud (Tc. 4 J.) — 2° Mordant : acétate d'alumine 5°. — 3° Teinture au quercitron 40 kil. — Lavage au bain d'alun au 1/10.

Prix coûtant fr. 110. Payé fr. 1,65 le kil. fr. 123,75.

Autre très vif (n° 3282). — 1° Pied de bleu (Tc. 3 J.) — 2° Alunage au 1/6, puis dissolution d'étain 7/10. — 3° Teinture au quercitron. — 4° et 5° Rabat. — 6° Lavage; virage; un peu de dissolution d'étain dans eau froide.

Prix 1 fr. 55 c. le kil.

OLIVE. Bon teint (n° 520), 10 kil. de coton. — 1° Engallage. — 2° Garigouy. Pyrolignite de fer à 1/10 pour clair, 2 à 3/10 pour foncé. Lavé. — 3° Savonnage à tiède. Lavé. — 4° Teinture 3 kil. de quercitron. — 5° Lavage eau tiède.

Prix 90 c. le kil.

ROUILLE. Bon teint (n° 3734), 120 kil. de coton. — 1° Eau de chaux. 2° Bain de sulfate de fer à 1°. Laver.
3° id. 4° id. Déverdir, éventer, laver.
5° id. 6° id. id. id. id.
Si on ne lavait pas après chaque bain, on brûlerait infailliblement le coton. — 7° Bain de savon 12 kil. 5 h. à chaudière autoclave; on y ajoute pour le *teinter* et le vivifier 3 à 4 litres de bain de rocou; on abat en coucheches. Bouillir 4 heures.

Prix 1 fr. le kil.

CAFÉ. Bon teint (n° 3716), 32k,5 de coton n° 12; chaîne. — 1° Débouilli à l'eau pure, lavé, séché. — 2° Bain de 10 kil. de cachou à chaud. — 3° Bain de 7k,5 de bichromate de potasse à froid ou tiède. — 4° Rabat au bain de cachou. — 5° Rabat au mordant auquel on ajoute 2k,5 de bichromate de potasse. Pour nuance foncée 15 kil. de cachou, mordant de sulfate de cuivre 1/10e qu'on monte au rabat avec le bichromate.

Prix 80 c. le kil.

NANKIN DE ROUEN (n° 13717), 50 kil. de coton. — 1° Demi-blanc. — 2° Bain de dissolution de sulfate de fer filtré à 2 degrés. — 3° Savonnage bouillant 4 kil. de savon, 1 kil. de sel de soude; 1 litre bain de rocou neuf, opération à la chaudière autoclave. Bouillir 2 heures; laver.

Coûte 25 c. Payé 2 fr. le kil. en 1809, 30 c. en 1846.

TÊTE DE NÈGRE (n° 526), 25 kil. de coton. — 1° Débouilli 1°, 5 bains et dégraissage. — 2° 3 kil. de myrobolan, bain tiré à clair, séché. — 3° Garigouy, 2 kil. de pernitrate de fer à 10° et eau suffisante pour la manœuvre à froid au baquet. — 4° Lavé, et 5 bains d'huile à 1k,25 d'huile par bain. — 5° Dégraissage. — 6° 3 kil. de myrobolan, séché. — 7° Eau, 2 kil. 1/2 de nitrate de fer 10°, 1 kil. de nitrate d'alumine à 8° à froid. Laver. — 8° 1 sel à 2° B et 30° C. Laver. — 9° Teinture : première 8 kil. de sumac, 10 kil. de garance bilor; deuxième 25 à 40 kil. selon le prix et la qualité qu'on veut mettre au teint et de la garance employée. — 10° Débouilli.

Prix 5 fr. 25 c. le kil.

PUCE. Grand teint, première qualité (n° 543), 100 kil. de coton, chaîne et tissure. — 1° Débouilli 1°, 10 bains de 30 kil. d'huile. — 2° 8 kil. de galle en sorte. Sécher. — 3° Premier mordant sec et à la terrine à chaud, 17k,5 de sulfate de fer, 2k,5 d'alun, 2 kil. de sel saturé, à clair; deuxième mordant mouillé et au baquet,

Digitized by Google

à froid; 14 seaux 1/2 d'eau et 2 seaux 1/3 d'acétate de fer à 8°. Laver après 24 heures de barquage et d'évent. — 4° Laver, sécher, bains bis à 2 degrés, barquer une nuit. Laver 4. — 5° Teinture par chaudronnée de 50 kil. de coton et en deux opérations; total 40 kil. de garance d'Alsace et 20 kil. d'alizari de Chypre. Avivage 6 kil de sel.

Prix coûtant 429 fr.

NOIR. Grand teint, 10 kilogrammes de coton. — 1° Débouilli 1°, 5 bains, dégraissage. — 2° 1 kilogr. de galle en sorte. — 3° 2 litres de pyrolignite de fer à 10°, tremper et dégorger à l'eau à 55 degrés. — 4° 5 bains gris en totalité, 1 kil. 1/2 d'huile. Dégraissage. — 5° 1 kil. de galle noire. — 6° 3 litres de pyrolignite à 10° en deux fois. Dégraissage à 60° laver. — 7° Teinture : première 2 kil. de sumac, 2 kil. de garance; deuxième 10 kil. de garance. Bouilli 1 heure. — 8° Simple décruage à l'eau pure, et son 2 (1 kil.). Bouilli 3 heures.

Prix coûtant, 35 fr. Payé 45 fr. en 1819.

(N° 3227) carbon. de soude	2k	font 20 lit. eau à	4° 4/5
—	1 2/3	10	7° 2/5
—	1/3	10	1° 3/10
—	1/6	10	3/5
—	5/6	20	2° 1/10

COULEURS MÉTALLIQUES.

Les couleurs métalliques appliquées en teinture ou en impression des fils et des tissus, dans l'état actuel de cet art, se bornent à un très petit nombre. On ne peut citer que : 1° les rouille et nankin par l'oxyde de fer; 2° le bleu par le cyanure de fer; 3° le solitaire, etc., par le peroxyde de manganèse; 4° les jaune au chrômate de plomb et orange au sous-chrômate; 5° le jaune au sulfure d'arsenic; et 6° le vert par l'arseniate de cuivre. Les procédés pour teindre avec ces diverses substances métalliques se trouvent dans plusieurs ouvrages et l'espace manque ici pour y ajouter quelques détails de pratique en grand qui pourraient avoir quelque intérêt pour ceux qui se destinent à cette industrie. L'ouvrage déjà cité y suppléera.

Il est certain aujourd'hui que d'autres substances métalliques peuvent avoir des applications dans cet art, soit directement comme substances colorantes, et au moyen des doubles décompositions, ainsi que cela a lieu pour les six procédés ci-dessus (on a déjà appliqué en Angleterre dans les toiles peintes la belle couleur écarlate, *zinnia*, par l'iodure de mercure et le bleu du phosphate de cobalt), soit secondairement comme mordants en même temps et comme substances colorantes seules ou combinées avec des substances végétales astringentes et colorantes. On emploie, par exemple, le bichrômate de potasse en ce double but, et son action comme mordant est bien constatée et utilisée. Puis aussi, dans d'autres circonstances, comme rongeant et altérant, il est facile de voir, même en ne considérant que ce sel, qu'il peut avoir des propriétés utiles avec les sels de cuivre, de manganèse, d'antimoine, avec lesquels il forme, par double décomposition, des précipités abondamment colorés, surtout si on y ajoute quelque substance astringente, comme le cachou, le myrobolan, le bablah, etc. Une notice sur ces substances colorantes métalliques, contenant une première classification de celles qui paraissent les plus convenables, et reconnues les plus faciles à produire par de doubles décompositions, et à fixer par les principes astringents et colorants de quelques végétaux, a été communiquée à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en sa séance du 23 juillet 1845. Le tableau suivant renferme le résultat de ces expériences. Il reste beaucoup à faire sur ce sujet, mais on reconnaît dans le peu qui est fait quelques éléments précieux pour l'art de la teinture et dignes de quelque attention des chimistes et des manufacturiers.

100 *Mordants et substances colorantes minérales.*

1	Hydrosulfate de soude.	Hydrochlorate de	Cuivre.	Brun.
2	»	»	Manganèse.	Brun.
3	Hydrosulfate de soude et d'antimoine.	Chlorure.	Étain.	Orange.
4	»	Nitrate.	Plomb.	Gris F.
5	»	Stannate.	Potasse.	Bruniture.
6	»	Sous-acétate.	Plomb.	Aventurine.
7	»	Protosulfate.	Fer.	Rouille, vif.
8	»	Nitrate.	Bismuth.	Marron.
9	»	Iodure.	Zinc.	Or.
10	»	Acétate.	Manganèse.	Orange B.
11	»	Acétate.	Cuivre.	Marron.
12	»	Chlorure.	Manganèse.	Solitaire B.
13	»	Protonitrate.	Manganèse.	Noir.
14	» dans la potasse.	Acide acétique.	V. Schweinfurt	Brun.
15	»	Acétate.	Plomb.	Puce.
16	»	Nitrate.	Mercure.	Noir.
17	Sulfure d'arsenic dans la potasse.	Nitrate.	Plomb.	Noir.
18	»	Nitrate.	Manganèse.	Olive.
19	Arsénite de potasse.	Hydrochlorate.	Platine.	Pourpre.
20	»	Acétate.	Cuivre.	Vert.
21	Acide arsénieux dans l'acide chlorhydrique.	Nitrate.	Bismuth.	Marron.
22	1° Pyrolignite de fer; 2° alcali; 3°	Acide.	Arsénieux.	Olive.
23	Acide chronique.	Protonitrate.	Mercure.	Écarlate.
24	Tartrate de potasse et d'antimoine.	Hydrosulfure.	Ammoniaque.	Kermès.
25	Hydrosulfate de potasse.	Acétate et nitrate.	Fer.	Noir.
26	Sulfure de potasse.	Hydrochlorate.	Platine.	Olive.
27	Hydrosulfure d'ammoniaque.	Nitrate.	Cuivre.	Brun.
28	Hydrosulfure d'arsenic, alcali.	Nitrate.	Cuivre.	Brun.
29	1° Dissolution d'étain; 2° sel d'antimoine; 3°	Acétate.	Cuivre.	Puce.
30	1° Hydrochlorate de manganèse; 2°	Acide tartarique; 3°	Alk. et chlore.	Solitaire.
31	Pyrolignite de fer, acide arsenieux.	Nitrate.	Bismuth.	Brun.
32	»	Acétate.	Cuivre.	Carmélite.
33	Arsénite de potasse, hydrocyanate de potasse.	Sulfate.	Cuivre.	Aventurine.
34	Bromure de potassium.	Nitrates, acétates.	Fer.	Orange.

Digitized by Google

Suite et fin des 100 mordants et substances colorantes minérales.

35	Hydrobromate d'ammoniaque.	Nitrate de	Baryte.	Rouille.
36	»	»	Cuivre.	Brun.
37	»	»	Fer.	Rouge.
38	»	»	Manganèse.	Brun.
39	»	»	Plomb.	Puce.
40	»	Hydrochlorate.	Antimoine.	Gris et orange.
41	Cuprate d'ammoniaque.	Arséniate.	Ammoniaque.	Vert.
42	Plombate de potasse.	Hydrobromate.	»	Capucine.
43	Iodure de potassium.	Nitrate.	Fer.	Café clair.
44	»	Acétate.	Cuivre.	Marron.
45	»	Hydrosulfate.	Antimoine.	Chocolat.
46	»	Chlorure ou nitrate.	Manganèse.	Noir.
47	»	Deutochlorure.	Mercure.	Zinnia.
48	»	Cyanure rouge.	Potasse.	Marron.
49	»	Protochlorure.	Etain.	Rouge.
50	»	Nitrate acide.	Bismuth.	Jaune.
51	»	Protonitrate neutre.	Mercure.	Vert.
52	Hydriodate de potasse.	Acétate.	Manganèse.	Lilas.
53	»	Nitrate.	Plomb.	Jaune.
54	»	Bichlorure d'étain et	d'ammoniaque.	Jaune.
55	Hydriodate d'ammoniaque.	Hydrochlorate.	Manganèse.	Brun.
56	»	»	Cobalt.	Lilas.
57	Cyanure de potasse rouge.	Acétate.	Cuivre.	Café.
58	»	Nitrate.	Bismuth.	Brun.
59	»	Hydrosulfure.	Antimoine.	Brun.
60	»	Pyrolignite.	Fer.	Bleu.
61	»	Nitromuriate.	Etain.	Vert.
62	»	Acétate.	Zinc.	Orange.
63	Hydrocyanate de potasse.	Hydrochlorate.	Platine.	Violet.
64	Cyanure d'ammoniaque.	Nitrate.	Cuivre.	Brun.
65	Bichromate de potasse.	Nitrate.	Manganèse.	Brun O.
66	»	Hydrochlorure.	Cuivre.	Bronze.
67	»	Hydrosulfate.	Antimoine.	Olive, vert.
68	»	Sous-acétate.	Plomb.	Orange.
69	»	Acétate.	Fer.	Gris.
70	Dissolution d'alumine dans la potasse.	Nitrate.	Cobalt.	Bleu Thénard
71	Hydrochlorate d'étain.	Cyanure.	Mercure.	Noir.
72	Acétate de zinc et hydrochlorate d'étain.	Deutochlorure.	Mercure.	Noir.
73	Dissolution d'étain.	Deutochlorure.	Mercure.	Brun.
74	Chlorure d'étain dans l'acide acétique.	Hydrosulfure.	Antimoine.	Jaune doré.
75	1° » 2° hydrosulfure d'arsenic; 3°	Sulfate.	Cuivre.	Brun.
76	1° » 2° » d'antimoine; 3°	Cyanure.	Mercure.	Noir.
77	Hydrobromate d'ammoniaque.	Hydrochlorure.	Manganèse.	Brun.
78	»	Citrate.	Fer.	Brun.
79	Phosphate d'ammoniaque.	Nitrate.	Fer.	Jaune.
80	»	»	Cuivre.	Vert.
81	»	»	Antimoine.	Jaune.
82	»	»	Plomb.	Jaune.
83	Nitrohydrochlorate de cobalt.	Acétate.	Ammoniaque.	Lilas.
84	Ammoniure d'étain.	Hydrobromate.	»	Gris foncé.
85	Ammoniure de protoxyde de fer.	Hydrocyanat., ferruré	d'ammoniaque.	Bleu foncé.
86	Stannate de potasse ou soude.	Acétate.	Cuivre.	Bleu clair.
87	Arséniate, acide de potasse.	Chlorate.	Cuivre.	Vert.
88	Aluminate de potasse ou d'ammoniaque.	Stannate.	Potasse.	Blanc jaunât.
89	Tartrate de fer.	Hydrosulfate.	Antimoine.	Brun.
90	Nitrate de mercure.	Ammoniure.	Étain.	Bleu.
91	Tartrate ammoniacale de cyanure de fer.	Acétate.	Plomb.	Bleu.
92	Sulfo-gallate de fer.	Dissolution aqueuse.	Chaux.	Rouge et jaune
93	Dissolution ammoniac. de sulfure jaune d'arsenic	Sulfate.	Cuivre.	Olive.
94	» potassique de sulfure rouge d'arsenic.	Bichrômate.	Potasse.	Noisette.
95	Oxalate de manganèse.	»	Potasse.	Brun.
96	Sulfate d'ammoniaque.	Chlorhydrate.	Étain.	Jaune.
97	Nitrate de cuivre.	Eau.	Chaux.	Bleu.
98	Nitrate d'argent.	Chlorure.	Chaux.	Gris bleuâtre.
99	Ammoniure de zinc.	Hydrosulfate.	Antimoine.	Jaune brun.*
100	Nitrate de mercure.	»	Antimoine.	Bruniture.
101	Dissolution alcaline d'oxymuriate d'étain.	Bichrômate.	Potasse.	Jaune.
102	Protoacétate de fer.	Acide.	Sulfhydrique.	Noir.
103	Chlorhydrate d'étain.	Acide.	Molybdique.	Bleu.
104	Hydrosulfate d'ammoniaque.	Sulfate.	Cuivre.	Bruniture.
105	Sulfure de calcium.	Plombate de potasse et	Chaux.	Gris et noir.

Digitized by Google

MORDANTS.

Nous pensons rendre un véritable service aux praticiens en publiant les six mordants ci-après, peu connus :

Nitrate d'alumine pour palliacats garancés.

Dissolution saturée d'alumine dans la potasse caustique. Ce mordant a été reconnu convenable aux teintes rouges par le chayaver.

1k,00 d'acide nitrique 40°, 4k,50 de sulfate de fer, 25 jours pâte blanche et butyreuse parfaitement soluble dans l'eau. Bon mordant pour violet, et pour bleu aux cyanures.

2 kilogr. d'oxymuriate d'étain dissout dans 1 kil. d'acide sulfurique 66°. Bon mordant pour vert au carmin d'indigo.

1 kilogramme d'acide acétique à 3° dissolvant 0k,5 d'oxymuriate d'étain sec. Mordant pour rouge sur laine et coton, soie.

Dissolution d'oxymuriate d'étain dans l'ammoniaque ; autre sel rose. Mordant pour pourpre.

Couleurs petit teint.

On peut faire en petit teint toutes les couleurs, nuances et teintes précédemment décrites ; cependant il est assez difficile d'en imiter quelques-unes parfaitement. Les teinturiers qui ne s'occupent que de cette partie de l'art se font un grand mérite d'atteindre à cette imitation aussi complétement que possible et les plus habiles y réussissent presque généralement. Il y en a cependant quelques-unes à excepter ; par exemple, on ne peut pas imiter par le Brésil le carthame, le rocou, etc., les couleurs bon teint, écarlate, ponceau, nacarat, par la cochenille ou la laque ; on n'imite pas non plus rigoureusement, en petit teint, le ton et la vivacité du plus beau rouge d'Andrinople par la garance, ni du véritable rouge des Indes par le chaya-ver, et cependant on fait de très beaux rouges et roses en faux teint et *vice versa*. On n'imite pas non plus, par la garance, les belles teintes du safranum.

On allie souvent dans la rouennerie, au grand préjudice du consommateur, et pour satisfaire au goût dominant aujourd'hui du bon marché, des couleurs de petit teint à des couleurs de bon teint ; par exemple, pour la chaîne on emploie des couleurs au Brésil et pour la tissure des couleurs à la garance ; mais on ne s'en tient pas là ; on remonte aussi partie en petit teint des couleurs garancées peu corsées, manquées ou plus ou moins avariées à la teinture, et un mauvais remontage pare tout cela. Le tout combiné et travaillé avec un peu d'habileté forme un article qui se vend avantageusement, pour le marchand du moins, car pour le consommateur ce bon marché est souvent très cher. Un grand nombre d'acheteurs n'en savent pas juger et cèdent à cet attrait du beau et du bas prix.

Dans tous les articles prétendus de bon marché de moyenne et de basse qualité on fait un abus intolérable de ces fausses teintures, et on se serait même dispensé d'en traiter ici, si on n'espérait pas y présenter quelques meilleurs procédés pour quelques articles qui peuvent longtemps rester une nécessité pour la classe des consommateurs peu aisés ; il y a d'ailleurs dans cette partie si importante aujourd'hui de l'art de la teinture quelques procédés aussi qui exigent encore une certaine habileté, qui éclairent même vers la perfection des bons et grands teints, et qui, bien connus, peuvent avoir cette dernière utilité de faire aussi bien que possible à bas prix. Ces teintures de basse qualité, de si peu de durée, ont aussi quelquefois un éclat, une finesse, un ton, une intensité et une fraîcheur qui séduisent et qu'il n'est pas toujours possible d'obtenir en bon teint et en grand teint ; on peut citer dans ce cas du moins le magnifique rose au safranum dont le reflet et le velouté, dans les nuances les plus intenses, n'ont encore jusqu'à ce jour pu être égalés par aucune substance colorante de bon teint ; on ne fait pas non plus en coton l'écarlate grand teint semblable à celui en laine, etc., quoique cependant les rose et rouge grand teint, par le plus bel alizari de Smyrne, convenablement pietés, corsés, développés et rosés, en approchent beaucoup, mais il y a toujours un ton qui les distingue et les caractérise nettement. On ne fait pas non plus à la cuve d'indigo des bleus aussi beaux que ceux par le cyanure de fer. Il est devenu facile depuis quelques années par le mordant de pernitrate de fer et le rosage au chlorure de potasse de faire en grand teint des violets, lilas, palliacats, mauves, etc., presque aussi vifs et intenses que ceux de petit teint.

Voici pourquoi en général les articles de faux teint attirent le choix et la préférence de beaucoup de consommateurs. Les couleurs de petit teint sont, sauf quelques exceptions rares, très souvent plus belles et plus attrayantes, et toujours à plus bas prix que les couleurs de grand teint ; cependant, tout bien calculé, dans un tissu très fin, par exemple, dans lequel il entre plus de fil en longueur mais infiniment moins en poids que dans un tissu commun, la différence dans la rouennerie de prix du grand teint et du petit teint ne dépasse pas moyennement 15 centimes au plus par mètre ; et, par l'expérience, tout l'avantage et toute l'économie sont en définitive pour le grand teint, si on veut tenir compte de la beauté des couleurs que le grand teint conserve jusqu'à la destruction de l'étoffe par l'usage.

On a vu qu'un beau rouge d'Andrinople grand teint première qualité, procédé ancien, revient à 11 fr. le kil. ; bon teint, procédé moderne, à 5 fr. le kil. seconde qualité ; le rouge petit teint, le plus beau au Brésil, revient à 1 fr. 50 c. à 2 fr. le kil. Ainsi pour un article 30 mètres de tissu fin par kil. avec demi-blanc, ou bleu, rouille, et demi en couleur rouge, on aura le calcul suivant :

1° en rouge grand teint à 11 fr. le kil. sur 30m à 19 c., le 1/2 kil. 5 fr. 70 c.
2° en rouge bon teint à 5 fr. le kil. sur 30m à 8 1/2 c., le 1/2 kil. 2 fr. 55 c.
3° en rouge petit teint à 2 fr. le kil. sur 30m à 3 1/2 c., le 1/2 kil. 1 fr. 5 c.

On a arrondi les nombres, et cet aperçu doit suffire pour prouver qu'en effet dans beaucoup d'articles de rouennerie l'extrême différence de prix entre les trois classes de teinture se réduit à peu près par mètre dans les tissus fins à 15 centimes. Il y a des rouges faux teint qui ne se payent même que 75 c. à 1 fr. le kil. ; puis les violets, lilas, etc., grand teint se payent 3 à 4 et 5 fr. le kil. ; ceux en petit teint 30 à 40 c. le kil. On peut juger, d'après ces chiffres, comment le fabricant peu loyal peut faire du prétendu bon marché, en fraudant proportionnellement certains tissus par le mélange de fils de coton teints en ces trois qualités de couleurs.

On sait de plus que beaucoup de teinturiers aujourd'hui fraudent le rouge d'Andrinople, le rouge de garance, les violets, palliacats, les bleus d'indigo, etc., par des remontages : les premiers par le rocou et le Brésil, et les seconds avec le campêche, le santal, etc. ; toute cette industrie à bon marché est abusive. Cette confusion de produits hermaphrodites, si l'on peut s'exprimer ainsi, fait un tort immense et bien réel à notre industrie nationale en général, elle peut faire la fortune de quelques manufacturiers, mais elle est préjudiciable au plus grand nombre.

Il est bien à souhaiter que ces abus aient un terme, dans l'intérêt de la majorité des industriels et des consommateurs et pour l'honneur de l'industrie nationale.

Les manufacturiers qui tiennent religieusement et

Digitized by Google

consciencieusement à ne fabriquer que de bons produits désirent tous que le goût de ce qui est bon et parfait devienne plus général et reprenne son antique faveur; que tous les abus qui se sont introduits dans cette industrie particulièrement soient promptement et sévèrement réprimés, et même qu'une législation spéciale y soit introduite et strictement maintenue.

Première division, couleurs simples.

ROUGE. Pour un rouge brun on engalle, mais pour un rouge vif et corsé imitant un peu le rouge d'Andrinople il vaut mieux donner 1° un pied de sumac dont la teinte jaune plus vive que celle grisâtre de la galle par l'effet de l'alunage, concorde mieux avec le rouge. Pour une couleur plus vive ou plus claire encore, on blanchit à fleur et on donne immédiatement le mordant. 2° On alune au cinquième du poids du coton, on cheville et sèche, on lave deux tours à l'eau courante, puis on tord, égalise et cheville avec soin; et mouillé on passe au mordant d'étain à 1 ou 2 degrés et plus selon la nuance.

3° On compose ce mordant en dissolvant à saturation du sel d'etain dans de l'acide nitrique à 36°, et cela 2 ou 3 jours d'avance, 2k,5 de sel d'étain pour 1 kil. d'acide nitrique. On met de cette composition dans de l'eau pure; on l'amène à 1° 1/2, et on y passe le coton à froid; on donne de suite et sans laver 4° le bain de dégorgeage à 45 à 50 degrés C., moitié eau et moitié bain de Brésil à 5 hect. par seau. 5° De suite on teint avec le bain pur. 6° Pour bien faire cette manœuvre il faut trois hommes, un pour le mordant d'étain, le second pour le dégorgeage et le troisième pour le teint, et tors par tors immédiatement. Pour virer au cramoisi il suffit d'un bain faible alcalin. Pour l'amaranthe, l'hortensia, le rose, on diminue les doses, et on blanchit le coton à fleur.

Rouge, pour 20 kil. de coton, 5 kil. de Brésil, 2 fr. le kilogramme.

JAUNE. Pour quelques faux teints, on se contente de piler le coton à pieds nus dans de l'eau chaude, au lieu de le mettre en chaudière au bouillon. Le bois jaune, la sarrette, la génestrolle, la graine d'Avignon, le curcuma, le rocou, sont les principaux agents employés pour le jaune petit teint. Aujourd'hui que le blanchiment aux chlorures se fait pour 5 à 10 c. le kil., on peut en étendre l'usage même dans les teintures de très bas prix. On passe le coton blanchi, par exemple, au bain de sarrette, et on y ajoute un peu de dissolution de sulfate ou plutôt d'acétate de cuivre et de cendres gravelées, et aussitôt on a un beau jaune, mais très fugace; avec le curcuma on le fait résister aux acides, avec le rocou on le fonce et dore. Il n'y a pas de teinture plus facile.

Prix 40 c. le kilogramme.

BLEU. Pour le bleu de prussiate, voir les couleurs métalliques. Pour le bleu au campêche, on opère ainsi: 1° bain à chaud de campêche; 2° bain à froid de dissolution de sulfate de cuivre, 2 litres à 3 degrés, dans 20 seaux d'eau au bac aux lissoirs ou 10 au baquet à la main, pour 20 kilogrammes de coton; 3° On rabat au premier bain de campêche, auquel on ajoute la dissolution de 5 hecto. d'alun. On monte ainsi en 1 ou 2 bains au bleu le plus foncé imitant parfaitement le bleu violet à l'indigo; on y allie aussi pour un violet plus prononcé un peu de bain de Brésil.

Prix 35 c. le kilogramme.

Deuxième division, couleurs binaires.

AURORE (rouge et jaune). On prépare le rocou avec son poids de bonne potasse et on le fait bouillir une heure; on laisse déposer et le bain décanté sert pour la teinture; on l'étend d'eau tiède selon la nuance; puis on vire par un bain d'eau tiede et un peu de dissolution d'alun; pour le capucine, on donne le bain pur et on vire en dissolution d'étain très faible. Pour les nuances foncées, après le mordant d'étain on passe au Brésil faible.

Prix 60 c. le kilogramme.

VERT (jaune et bleu). 1° Pied de bleu au campêche avec mordant d'acétate ou de sulfate de cuivre et un peu d'alun. 2° Bain de gaude, de sarrette ou de genestrolle, avec un peu de verdet; on y joint aussi un peu de curcuma.

Prix 60 c. le kilogramme.

Autre: mordant d'acétate d'alumine; puis gaude et terra merita, on finit au sulfate neutre d'indigo (dissolution de saxe), ou au carmin d'indigo, bleu soluble.

Prix 1 fr. le kilogramme.

On le fait aussi sur un mordant d'acétate d'alumine à 2 degrés et on teint à la décoction de graine d'Avignon; on ajoute un peu de bain de campêche dans le bain pour unir et échantillonner convenablement.

Prix 75 c. le kilogramme.

VIOLET (bleu et rouge). Avec le campêche et l'alun on fait un violet très mauvais; en soutenant le mordant d'alun par celui de dissolution d'étain, la couleur résiste aux acides et en général est un peu moins fugace. Il y a une manœuvre particulière pour bien conduire cette opération et épuiser très bien les bains de teinture; ce n'est, on le répète, que dans les ateliers qu'on peut bien l'apprendre. Les nuances et teintes se varient à l'infini par les diverses proportions du Brésil et campêche.

Prix 50 c. le kilogramme.

Troisième division, couleurs mixtes.

PALLIACAT (rouge et gris). 1° Engallage très faible. 2° Passer au bain de tonne au noir. 3° Laver; dégorger à l'eau de chaux, comme pour le noir. 4° Teinture avec le bain de bois de Brésil et de campêche, selon les nuances; 2/10 de campêche suffisent pour la nuance du palliacat indien. Pour les nuances très foncées on va jusqu'à moitié campêche; les mordants en dissolutions séparées sont l'alun et le sel d'étain. Les 6 mordants indiqués aux couleurs métalliques conviennent aussi pour quelques couleurs végétales.

Prix 60 c. le kilogramme.

OLIVE (jaune et gris). Sur un pied de gris, de galle, sumac ou cachou, et de tonne au noir; on donne 1 ou 2 bains de gaude avec un peu de verdet et de dissolution de potasse, comme pour le jaune; il est bon d'échauder en premier dans un bain de gaude faible et de finir ensuite dans un nouveau bain pur; ainsi la couleur est plus vive et le bain bien épuisé.

Prix 40 c. le kilogramme.

CARMÉLITE (aurore et gris). Sur le même pied de gris que pour le palliacat et l'olive; au lieu de campêche, on se sert du bain de rocou; on le donne en 2 fois: le premier avec de vieux bains qui le dégorgent et le lavent pour ainsi dire; puis le dernier avec un bain neuf, plus ou moins étendu d'eau, selon la nuance cherchée. Le virage à l'alun ou au sel d'étain ne conviennent pas; ils rongent le gris.

Prix 45 c. le kilogramme.

NOIR (bleu, jaune et rouge). 1° Pied de galle. 2° Pyrolignite à 1/2°. 3° Eau de chaux. 4° 2 bains campêche et verdet. 5° Bain d'aulne. On monte aussi en noir par le campêche sur rouille sans engallage.

GRIS. Avec le sumac, le dividivi, le cachou, le campêche, etc., et un peu de sulfate de fer, habilement appliqués et manœuvrés, on fait beaucoup de nuances de gris.

Prix 30 c. le kilogramme.

TEINTURE DE LA LAINE EN TOISON.

1° *Dégraissage, désuintage.* La première opération que doit subir la laine en toison qu'on veut teindre est

Digitized by Google

le dégraissage ou désuintage, soit qu'elle ait été lavée avant la tonte, sur le dos de l'animal, soit qu'elle l'ait été après.

Ce simple lavage lui enlève bien une partie de suint et tout ce qui est soluble à l'eau et la débarrasse de saletés abondantes, mais il lui laisse encore une quantité de *suint*, substance graisseuse et savonneuse qui nuirait aux opérations de la teinture. Dans le premier lavage de la toison, qui se fait dans l'eau courante, on n'a pour but que d'enlever les substances les plus grossières qui la salissent; il y a des laines auxquelles on ne fait pas subir ce lavage. Ainsi exécuté ce premier désuintage ne peut être assez parfait, même par l'eau chaude seule, pour pouvoir y appliquer de belles teintures.

NOTA. Pour des étoffes et des teintures communes on se contente cependant quelquefois de ce seul lavage, et même sans lavage aucun, on teint immédiatement; mais il en résulte encore quelques inconvénients qui rendent cher le prétendu bon marché qu'on produit ainsi. Les étoffes teintes sans dégraissage ou mal dégraissées se piquent; il y naît des vers.

Dans une seconde opération qui se fait en chaudière, et la première qui concerne le teinturier; on traite la laine en général, pour effectuer entièrement ou pour accomplir et compléter ce dégraissage, par une dissolution alcaline ou savonneuse à la température de 55 à 60° centigrades.

On a employé longtemps pour cela l'urine vieillie et fermentée, aidée d'une température de 60 à 70° centigrades; ce liquide, à l'état de putréfaction et par ses propriétés alcalines ammoniacales effectue convenablement ce dégraissage, mais la difficulté de s'en procurer en quantité suffisante, dans de grands établissements; et puis son odeur fétide jointe à celle du suint en ont fait peu à peu diminuer beaucoup l'emploi; on y a suppléé par d'autres alcalis.

On se sert aussi du savon vert, savon noir ou savon de potasse; de la potasse, de la soude, du son. La chaux, qui est l'alcali le plus économique, a été enfin essayée; aujourd'hui on se sert du lait de chaux faible et à froid pour le dégraissage des laines filées; et on complète l'opération par un bain faible d'acide chlorhydrique et un lavage.

Pour les laines fines de mérinos, duvet, cachemire, etc., auxquelles on donne plus de soins et des teintures plus chères, on se sert en dernier de savon blanc comme pour la soie. On préfère en général opérer le désuintage sur de petites quantités de laine à la fois et cela par un travail continu. Il y a des ouvriers spéciaux dans les grandes teintureries d'Elbeuf, etc., qui ne font absolument que ce même travail toute l'année. La grande pratique de ces dégraisseurs est reconnue utile et de certaine garantie pour la réussite générale des teintures; aussi les rétribue-t-on au-dessus de tous les autres ouvriers.

Selon les qualités de laine, il résulte aussi plus ou moins de facilité pour bien en effectuer le dégraissage; les belles et fines laines d'Espagne, des mérinos, etc., exigent plus de soins que les laines communes de Caux; elles perdent plus de poids par cette opération, le déchet après le dégras va jusqu'à 25 et 30 p. cent pour les laines communes, et à 40 et 45 p. cent au plus pour les laines les plus belles.

Quelques praticiens habiles dans leurs opérations préfèrent la potasse, d'autres emploient le sel de soude cristallisé, etc. La proportion d'alcali nécessaire pour bien opérer doit donc varier proportionnellement à la quantité de suint que contient la laine; l'expérience a fixé d'avance à cet égard; par kilogramme de soude on peut dégraisser moyennement de 8 à 10 kilogr. de laine, mais cela est sujet à quelques incertitudes que la pratique seule peut corriger selon la qualité de laine en œuvre et selon l'effet du *dégras* de la première pesée d'une forte partie; aussi selon l'adresse, la sagacité et le soin mis par le dégraisseur pour saisir à propos le moment de renouveler ou de renourrir le bain de *dégras*, car on a remarqué que jusqu'à un certain point le suint lui-même a la propriété de dégraisser; ainsi on voit qu'il faut d'autant plus d'alcali que la toison contient plus de suint, car l'alcali une fois saturé ou saponifié n'a plus la même puissance détersive. Toutefois il faut se rappeler, pour bien comprendre et bien conduire cette opération, que le suint lui-même est en partie composé de savon à base de potasse.

Quand on opère avec le savon noir on en emploie 15, à 20 pour cent du poids de la laine et on chauffe de 55 à 60° environ du thermomètre centigrade. Dans les ateliers cependant, le dégraisseur ne se fixe pas du tout d'après le thermomètre, sa main est son thermomètre, l'habitude lui fait parfaitement reconnaître quand il doit chauffer un peu plus ou moins, et le temps qu'il doit tenir la laine pour la dissolution parfaite du suint. On a déjà parlé de ce dégraissage antérieurement, c'est pourquoi on n'insiste pas davantage ici sur cet article (voir BLANCHIMENT DE LA LAINE).

2° *Manœuvre à la cuve.* Aucun ouvrage de teinture en laine ne contient de description satisfaisante des manœuvres principales et essentielles et du *modus agendi* des opérations en grand. On semble en général dédaigner ou plus exactement on ignore ces détails; cependant ce sujet est de la plus haute importance pour la réussite; nous avons essayé de mieux faire, toutefois sans avoir la prétention, en des limites si restreintes, de suffire ici pour apprendre les manœuvres ni de tout dire, mais seulement de donner quelques conseils, et puis quelques mois de pratique dans une teinturerie en feront plus en ce sens que ne pourraient le faire les détails les plus complets.

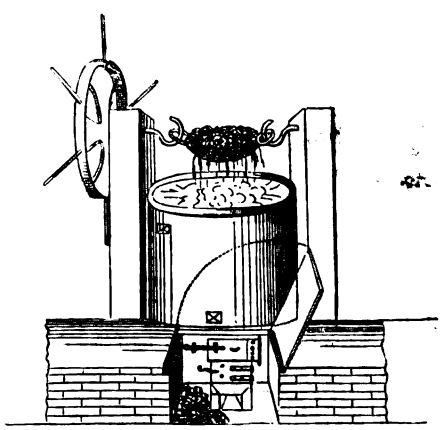
NOTA. La cuve à chaud étant bien connue et d'ailleurs les limites de cet article ne le permettant pas, on ne donnera ici que ses proportions en grand.

Par 1000 litres de bain :

Cuve forte,	12k	indigo; cuve moyenne,	6k	indigo.
Temp. 75° C.	21k	potasse; —	9k	potasse.
—	4k	garance; —	2k	garance.
—	2k	son; —	2k	son.

(Voir la cuve à chaud décrite pour le coton).

On voit (fig. 2435) la cuve pour la teinture en bleu :



2435.

1° la cuve en état et chaude à 45°, bien reposée de la veille; on met la *champagne*, puis le *filet*, on bat la laine pour un drap à la fois; il faut deux hommes; on crochète dix à quinze minutes; on lève le tout avec le

Digitized by Google

filet ou avec le *gueulard*, second filet pour tordre à mesure au moyen de la manivelle représentée fig. 2435. On jette sur les dalles, et on évente pour rabattre jusqu'à nuance.

5° *Manœuvre à la chaudière.* Voici en général comme on exécute cette manœuvre à Elbeuf, etc.; pour 80 kil. laine ou deux draps, par exemple, il faut compter que la chaudière contient cent quatre-vingts seaux; la laine se teint toujours mouillée, on ne la fait pas sécher après le dégraissage et lavage; on la laisse égoutter en forte partie vingt-quatre heures sur des civières. Cette manœuvre occupe la journée de douze à quinze heures.

Pour bien comprendre cette manœuvre en général il faut considérer l'opération comme subdivisée en trois temps : 1° le mordant ou bouillon, *fonds* ou *pied;* 2° le teint, etc.; 3° la bruniture ou l'échantillonnage.

1° Dès le matin et une heure avant le commencement des travaux, un ouvrier, à ce destiné, allume les feux; 2° on pèse les drogues du mordant qu'on fait dissoudre dans une petite chaudière; on fait cuire la gaude pour que le bain soit prêt vers sept heures, et souvent on le prépare la veille ou dans la nuit, vingt à trente bottes à la fois, ce bain entrant dans presque toutes les teintures. On met ces bains de gaude et bois jaune préparés les premiers, à moins que le bouillon d'alun seul précède, ce qui sera indiqué aux procédés; mais le plus ordinairement on donne le mordant avec le bain de gaude après une manœuvre; on pallie bien après y avoir ajouté les dissolutions d'alun et de tartre; 3° et de suite on abat la laine en toison déjà imprégnée du bain de gaude, etc. Quatre hommes munis de crochets en tridents courbés et à très longs manches, tournent, crochètent et remuent d'une certaine manière et incessamment: on a abattu dans le bain froid ou tiede; on le chauffe doucement pour qu'il vienne au bouillon en trois ou quatre heures; on fait bouillir une heure; 4° on met les drogues accessoires, galle, sumac, campêche, santal, etc., dans une poche; on fait bouillir ingrédients et laine ensemble, le temps prescrit: alors on lève la laine sur une claie placée sur la chaudière.

On évente une heure environ, on examine la teinte, et ce qui convient pour un premier échantillonnage, et en conséquence de cette première observation toute pratique, on garnit le bain de tout ce qui est encore nécessaire; on rabat la laine et on fait bouillir alors une heure ou une heure un quart, ou une heure et demie, selon l'état du bain, le progrès de l'opération et la nuance acquise. On crochète incessamment pendant tout ce temps pour l'uni du teint; 5° on relève sur la claie ou la civière sur la chaudière, on rafraîchit le bain, on évente la laine. On garnit alors la chaudière, et sur le même bain, de la quantité de *bruniture* (terme d'atelier), de sulfate de fer, jugée nécessaire pour son second échantillonnage, on pallie bien et on rabat la laine aux crochets; 6° le bain reposé est devenu à demi-chaud, la laine éventée et froide le refroidit encore; on recommence la manœuvre à cette température et on modère le feu pour ne bouillir qu'après une heure ou une heure et demie de manœuvre; puis on fait bouillir cinq quarts d'heure plus ou moins selon le besoin; pendant ce temps on feutre un échantillon d'essai qui détermine le teinturier expérimenté sur ce qu'il doit faire; ce n'est qu'après cette épreuve du feutre et du foulon que le dernier échantillonnage peut être definitivement arrêté. Pour lever ou finir, on évente le lendemain.

1° *Couleurs bon teint.*

ROUGE GARANCE. 3 draps (216.) teints en pièces. 1° kil. 1/2 alun, 12 tartre, 2 1/4 composition. — 2° 63 kil. garance, bouillon de trois heures. — 3° Prix de cette teinture, 68 fr. chaque drap.

BLEU (317). La laine bien dégraissée, bien égouttée; lorsque la cuve a chaud est en bon état et suffisamment posée, il suffit d'y mettre la laine selon la manœuvre prescrite, de l'éventer, la rabattre successivement sur plusieurs cuves de plus en plus fortes jusqu'à la nuance voulue. Bleu-roi, 60 fr. un drap

JAUNE. 1 D. 1/3 (68.) pour lisières. — 1° 6 kil. alun, 4 bottes de gaude. — 2° 6 bottes gaude bouilli; une heure et demie.

PALLIACAT FONCÉ (651). 4 draps. — Bleu de cuve (T. C. 4 J.) — 2° 12 B. gaude, 8 kil. alun, 8 kil. tartre. — 3° 36 kil. calliatour. — 4° 80 kil. calliatour. — 5° bruniture, 3 kil. sulfate de fer.

ROUGE GARANCE. 6 draps de troupe (652). 240 kil. laine teint en pièce. — 1° 45 kil. alun, 3 kil. composition, 4 kil. terra-merita, 12k,5 crème de tartre, 15 kil. son mis la veille; un petit bouillon au son, et écumer avant d'abattre. — 157 kil. garance, s. f. F. d'Alsace, 15 kil. son bouilli à part, 1k,5 composition d'étain, suivre et lever à la nuance montée à l'échantillon demandé.

VERT-DRAGON 1 drap (28). — 1° Bouillon 4k,5 alun, 1 kil. tartre et quatre bottes de gaude. — 2° Premier bain, quatre bottes de gaude, 1 kil. bois d'Inde. — 3° Deuxième bain, deux bottes de gaude. — Troisième bain, fini sur la cuve jusqu'à nuance.

VIOLET 1 drap (1109). — 1° 5 kil. alun, 1k,1/2 tartre pour le bouillon. — 2° 17 kil. garance s. F. d'Alsace. — 3° Fini en cuve. 60 fr. le drap.

NOIR DE GENÈVE (838). 80 aunes en pièces. — 1° Pied de bleu (T. C. 6 J.) — 2° 10 kil. vitriol de Saleybourg, 10 kil. tartre, 5 kil. bois jaune. — 3° 60 kil. bois de Campêche. — 4° Bruniture le clair, 1 kil. de verdet (acétate de cuivre), la dissolution ajoutée jusqu'à ce que le bain vire au bleu.

OLIVE (841). 4 draps. — 1° Pied de bleu (T. c. 2 J.) — 2° Dix-huit bottes gaude, 46 kil. bois jaune, 8 kil. sumac, 8 kil. campêche, 6 kil. calliatour. — 3° Bruniture, 6 kil. sulfate de fer viré par quatre seaux d'urine.

MARRON (1139). 2 draps 1/2. — 1° Bouillon, 4k,1/2 alun, 30 kil. bois jaune, 10 kil. Ste-Marthe, 3 kil. sumac. — 2° 45 kil. calliatour. — 3° Bruniture, 3 kil. sulfate de fer.

BARBE COSAQUE (850). 2 draps. — 1° 8 kil. alun, dix bottes gaude, 30 kil. bois jaune. — 2° 9 kil. garance, 8 kil. calliatour. — 3° Bruniture, 2k,5 sulfate de fer.

CARMÉLITE (766). 4 draps — 1° 17k,5 alun, quinze bottes gaude, 40 kil. bois jaune. — 2° cinq bottes gaude, 4 kil. bois jaune; égoutter. — 3° 20 kil. garance. — 4° Bruniture, 3 kil., sulfate de fer.

SAVOYARD FONCÉ (656). 4 draps 1/2. — Pied de bleu (C. T. 7 J.) — 2° 16 kil. alun, 2 kil. tartre, trente-deux bottes gaude; égoutter trois jours. — 3° 40 kil. garance bilor. — 4° Bruniture, 15 kil. sulfate de fer. — Prix 84 francs.

2° *Couleurs petit teint.*

BARBE COSAQUE (7). 1 drap. 1° 1 botte gaude, 5 kil. galle en sorte, 1 kil. bois d'Inde, 2 kil. Sainte-Marthe, rafraîchir. — 2° 2 kil. garance, 1 kil. calliatour, une heure de bouillon. — 3° Bruniture, 5 kil. sulfate de fer.

LIE DE VIN. (10310), drap. 1° 3 kil. gaude, 5 kil. galle en sorte, 2 kil. Sainte-Marthe, 2 kil. campêche, une heure de bouillon. — 2° Bruniture, 5 kil. sulfate de fer. — 3° Revient à 14 fr.

AILE DE MOUCHE (12k,10), 1 drap. 1° 1 botte gaude, 5 kil. galle blanche, 1 kil. bois d'Inde, 2 kil. Sainte-Marthe, une heure de bouillon. — 2° Rafraîchir, 1 kil. garance bilor, 1 kil. calliatour. — 3° Bruniture, 5 kil. sulfate de fer, bouillon.

CAFÉ AU LAIT (916 B.). 4 draps. 1° 1 botte gaude, 7k,5 Sainte-Marthe, 7k,5 galle, 7k,5 calliatour, 1k,5 ga-

Digitized by Google

rance. — 2° Mordant, 1 kil. alun, 7k,5 sulfate de fer.

MANTEAU DE LA VALLIÈRE (922 B.), 3 draps, bon teint. 1° Pied de bleu (T. C., 3 S.), et sans pied de bleu et un peu de campêche pour le petit teint. — 2° 6 bottes de gaude. 18 kil. alun. — 3° 25 kil. Fernambouc et 20 kil. Sainte-Marthe. — 4° 12 kil. alun, 18 kil. Sainte-Marthe et 7 kil. Fernambouc; pour tirer bien les bois, on les fait rebouillir deux fois sur bains neufs.

NOIR (2 A.). 3 draps. 1° 3 bottes de gaude, 10 kil. bois violet, 3k,5 galle. — 2° 3k,5 garance, un évent. — 3° Mordant, 20 kil. sulfate de fer. Revient à 25 fr.

PUCE (944 B.), 3 draps. 1° Mordant, 14k,95 alun, 3 kil. tartre, 12 bottes de gaude, 60 kil. bois jaune. — 2° 9k,5 garance et 55k,5 calliatour. — 3° Bruniture, 9 kil. sulfate de fer. Revient à 32 fr. l'un.

BRUN (672 B.). 4 draps. 1° 10 sumac, 34 kil. bois jaune, 8 bottes de gaude, 8 kil. campêche, 8 kil. santal. — 2° 24 kil. garance. — 3° Bruniture, 20 kil. sulfate de fer. Prix de revient : 42 fr.

AMARANTHE (3 A.), 2 draps. Premier bain, 6k,5 alun, 30 kil. ancien bois de Fernambouc; deuxième bain, 8 kil. garance; troisième bain, 1k,5 composition, 25 kil. Sainte-Marthe. Revient à 62 fr.

CRAMOISI (15 A.), 1/2 drap. Premier bain, 3 kil. alun; deuxième bain, 3 kil. belle garance; troisième bain, 8 kil. beau Fernambouc. Une fois le bouillon d'alun fini, donner la garance et finir le remontage faux par le Fernambouc; au ton rouge on ajoute un peu de composition. Prix de revient : 77 fr.

ALEZAN (16 A.), 1 drap. 1° 1k,75 alun, 4 bottes gaude. — 2° 15 kil. bois jaune, 5 hectogr. calliatour, 1k,5 garance. Revient à 36 fr.

TÊTE DE NÈGRE (17 A.), 2 draps. 1° 1k,5 galle, 17 kil. bois violet, 4 kil. Sainte-Marthe, 4 kil. calliatour. — 2° Bruniture, 16 kil. sulfate de fer. Revient à 30 fr.

BLEU SANS INDIGO (20 A.). 4 draps. 1° Mordant, 13 kil. alun, 10 kil. crème de tartre. — 2° Teinture, 50 kil. bois violet; selon le besoin de corser, on y ajoute un ou deux seaux d'urine. Prix de revient : 32 fr.

BRONZE FONCÉ (21 A.), 1 drap. 1° En bon teint, pied de cuve en faux, forcer en campêche (T. C., 4 S.). — 2° Mordant, 1k,5 alun, 1 kil. tartre rouge. — 3° 40 kil. bois jaune, 1 botte gaude. — 4° Teinture, 2k,5 garance, 7 kil. calliatour, 1k,5 bois violet (ou 10 kil. en faux). — 5° Bruniture, 2 kil. sulfate de fer. Prix de revient : 50 fr. Bon teint.

AMÉRICAIN (26 A.), 1 drap 1/4. On a manœuvré dans un bain pour deux draps. 1° 1 botte gaude, 1 kil. galle, 2k,5 bois violet, 2k,5 Fernambouc, 4 kil. garance de Hollande. — 2° Mordant, 4 kil. alun. — 3° Bruniture, 6 kil. sulfate de fer. Prix de revient : 42 fr.

VIGOGNE (32 A.), 3 draps. 1° 1k,5 galle, 2k,5 bois jaune, 1 botte 1/2 gaude, 1 kil. Sainte-Marthe, 1 kil. calliatour, — 2° Mordant, 1k,5 alun. — 2° Bruniture, 1k,54 sulfate de fer. Prix de revient : 15 fr.

NOTA. Dans le commerce de la draperie, on qualifie généralement de *bon teint* les couleurs piétées à la cuve d'indigo, ou celles dans lesquelles il entre une assez forte proportion de garance ou de cochenille. Mais dans le système de teinture suivi aujourd'hui, cette qualification n'est jamais rigoureuse, à cause des diverses substances de faux teint qu'on y introduit; il est donc assez difficile de trancher nettement ces deux qualités de teinture. Cependant les couleurs de *faux teint* de la plus basse qualité ne se font qu'avec le campêche, le Brésil, le curcuma, la dissolution de Saxe, la graine d'Avignon, le rocou, le fustel, etc. M. D. GONFREVILLE.

TÉLÉGRAPHIE. De deux mots grecs τελη et γραφω, j'écris au loin. Ce mot a été imaginé pour désigner une invention française au moyen de laquelle on transmet d'un lieu à un autre des nouvelles, des avis, ou des ordres, à l'aide de signaux visibles, répondant aux lettres de l'alphabet, à des chiffres ou à des mots. A ce système primitif, de nouveaux systèmes sont venus s'ajouter. L'électro-magnétisme et l'acoustique ont fourni des moyens de communication intellectuelle, et aujourd'hui le mot télégraphie s'applique par extension à tout système de correspondance lointaine, que ce système emploie des signaux aériens ou graphiques, des sons musicaux, l'écriture, la voix humaine, etc. Nous allons étudier ces divers systèmes qui se classent naturellement dans les trois catégories suivantes :

1° Les télégraphes aériens;
2° Les télégraphes électriques;
3° Les télégraphes pneumatiques.

PREMIÈRE PARTIE.

DE LA TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE.

La télégraphie est d'origine française, personne ne nous conteste l'honneur de la découverte. Ce n'est pas cependant qu'on n'ait longtemps avant les frères Chappe employé des signaux pour transmettre des avis à de grandes distances. L'idée remonte sans doute à l'origine des sociétés. Ce qui est nouveau, ce qui appartient à Chappe, c'est l'invention d'un véritable système de correspondance; ce qui revient à la France, c'est la gloire d'avoir la première appliqué ce moyen puissant de gouvernement.

Origine de la télégraphie. Les feux, la fumée, les étendards, les sons des instruments, furent employés comme moyens télégraphiques par tous les peuples primitifs.

Dans la première scène d'*Agamemnon*, Eschyle nous représente un vieux serviteur épiant depuis deux années le feu allumé sur le mont Ida, qui, répété sur le mont Athos, doit faire connaître à Clytemnestre l'événement à la fois désiré et redouté de la prise de Troie. La langue grecque est d'ailleurs remplie de mots relatifs à l'art des signaux. César nous apprend que les Gaulois, d'une province a l'autre, s'avertissaient, au moyen de feux allumés sur les montagnes, de tous les mouvements de son armée. La France offre les restes de tours bâties par les Romains, et qui nous font connaître le mode de télégraphie usité chez eux. Dans un des compartiments les plus élevés de la colonne Trajane est figuré un officier, le casque en tête et l'épée à la main, commandant les signaux. L'instrument consiste en un flambeau de poix-résine suspendu au bout d'un longue perche : cette perche sort de la fenêtre d'une guérite et y rentre tour à tour. Aux signaux faits avec des torches ou des drapeaux, on substitua plus tard des bâtons ou des planches. Polybe fait mention d'un certain Cléoxène qui avait inventé une méthode à l'aide de laquelle on pouvait faire lire à une grande distance ce qu'on voulait communiquer. Végèce, qui écrivait au quatrième siècle, parle de la brachygraphie comme d'un procédé si connu, qu'il juge inutile de le décrire. Tamerlan se servait de drapeaux pour dicter des conditions aux villes assiégées. Et enfin les Chinois ont, à ce qu'il paraît, poussé fort loin l'art de la correspondance aérienne.

L'art télégraphique ne pouvait réellement se développer que par suite des progrès de l'optique. Pour écrire de loin il faut voir de loin. Ce fut un de nos académiciens les plus distingués, Amontons, qui à la fin du XVII^e^ siècle proposa d'employer les lunettes d'approche à l'observation des signaux transmis de loin. Les essais d'Amontons ne firent qu'exciter la curiosité, mais n'eurent pas d'application. Ils préparèrent, sans doute, les succès de Chappe, conjointement avec les essais de Hooke et Hoffmann, qui imaginèrent un petit nombre de signaux mobiles (1); Hooke inventa en 1695 une machine fort

(1) Hooke a publié son procédé en 1695.

Digitized by Google

compliquée; Linguet, enfermé en 1782 à la Bastille, demandait, comme unique prix de sa liberté, à mettre en pratique un instrument de son invention, pour correspondre jusqu'aux distances les plus éloignées. Le ministère ne voulut pas l'écouter, et on le fit sortir de la Bastille sans condition. Bergstrasser, de Hanau, publia en 1784 un traité complet de *Synthematographie;* le tort de ce savant fut de compliquer la question en indiquant une multitude de signaux divers, soit opaques, soit transparents; outre la lumière il faisait aussi usage du son de la trompette et même de l'artillerie. S'il ne pouvait disposer que de deux signaux, il composait de leurs arrangements répétés un alphabet, d'après le système de l'arithmétique binaire. Malgré ces essais on doit regarder comme les véritables inventeurs du télégraphe ceux qui eurent assez de persévérance pour le mettre à exécution et le faire universellement adopter. Cette gloire est celle des frères Chappe.

Découverte de Chappe. C'est pendant la révolution française et au moment où des circonstances politiques, d'une gravité extrême, nécessitaient dans la correspondance une rapidité que rien ne pût entraver, que l'abbé Chappe rendit publique sa grande découverte. On n'entrevit pas de suite les immenses services que le télégraphe devait rendre. Un premier essai ayant eu lieu sur les pavillons de la barrière de l'Étoile, la machine fut enlevée pendant la nuit. Un second télégraphe fut établi dans le parc de Monceaux. Cette fois, le peuple s'y rend, le brûle, et peu s'en faut que les auteurs accourus à la nouvelle du sinistre ne figurent dans l'auto-da-fé. Mais le temps des épreuves et des mécomptes touchait à sa fin: le 12 juillet 1793 une expérience solennelle eut lieu en présence des commissaires nommés par la Convention : le succès fut complet. On reconnut qu'en 13 minutes 40 secondes la transmission d'une dépêche de quelques lignes pouvait se faire à la distance de 48 lieues.

On décréta l'établissement d'une ligne de douze télégraphes, de Paris à Lille; peu de temps après elle transmettait la nouvelle de la prise de Condé sur les Autrichiens, et l'assemblée pouvait y répondre séance tenante, en quelques minutes, par cette phrase : « L'armée du Nord a bien mérité de la patrie. »

De nouvelles lignes rayonnèrent aussitôt dans plusieurs directions.

La grande idée dont l'abbé Chappe venait de faire hommage à la France, avait été conçue par lui, dès sa première jeunesse. Les frères Chappe étaient nés à Burton, département de la Sarthe. Claude, l'abbé, se trouvait dans un séminaire près d'Angers; ses frères étaient dans un pensionnat situé en face et à une demi-lieue de distance. L'abbé, dont les jours de congé n'étaient pas aussi fréquents que l'étaient, pour ses frères, les jours de sortie, voulut triompher de l'éloignement qui les séparait. Après beaucoup d'essais infructueux, il imagina de se servir d'une grande règle de bois tournant sur un pivot; aux deux extrémités de la règle, tournaient aussi sur des pivots des ailes moitié plus petites : on obtenait ainsi cent quatre-vingt douze signes différents, qu'il était facile de distinguer, à l'aide de longues-vues. Le jeune abbé et ses frères étaient parvenus à se transmettre rapidement des phrases d'une certaine longueur. C'était là, comme on voit, le germe du télégraphe. Mais l'exécution en grand présentait des obstacles. Les frères Chappe, aidés des conseils de Bréguet, firent leur machine, à peu près telle qu'elle existe aujourd'hui. Ils furent en outre aidés dans la composition de leur langue télégraphique par un de leurs cousins, Léon Delaunay, ancien consul à Lisbonne et à Philadelphie, qui était versé dans la théorie et la pratique des chiffres de la diplomatie. L'abbé Claude Chappe est mort le 25 janvier 1805; le dernier de ses frères est décédé en 1825. Un télégraphe en bronze forme la décoration principale de sa tombe, au cimetière de l'Est. Le télégraphe des frères Chappe est, à peu de choses près, celui qui existe aujourd'hui, et dont nous allons donner la description.

Description du télégraphe français. Le télégraphe, tel qu'il existe sur les lignes qui sillonnent la France, se compose de trois branches mobiles dans un même plan vertical : une branche principale nommée *régulateur*, et deux petites branches appelées *indicateurs*, portées à chaque extrémité du régulateur. Le régulateur, fixé par son milieu à un mât qui s'élève de 4 à 5 mètres au-dessus du toit, a 4 mètres de long et 3 décimètres de large. Chaque indicateur est long d'un mètre, et porte à son extrémité une queue en fer, sorte de lest qui sert à l'équilibrer. Ces trois branches du télégraphe, qu'on peint en noir afin qu'elles se détachent sur le fond du ciel, sont mues à l'aide de trois cordes sans fin de fil de laiton, de trois poulies, et de trois pédales; les cordes communiquent dans une chambre placée au-dessous du toit avec les branches d'un autre télégraphe qui est la reproduction en petit du télégraphe extérieur : c'est ce second appareil que le guetteur manœuvre; l'appareil placé au-dessus du toit ne fait que répéter les mouvements imprimés directement à la machine intérieure.

Le régulateur est susceptible de quatre positions : 1° verticale; 2° horizontale; 3° oblique de droite à gauche; 4° oblique de gauche à droite. Les ailes peuvent former des angles droits, aigus ou obtus. On trouve, dans les cent quatre-vingt-douze combinaisons prises une à une, les vingt-quatre lettres de l'alphabet et tous les signaux dits de *police*. Ceux-ci, bien connus des *stationnaires*, ou employés de chaque poste, indiquent l'activité, le repos, le brouillard, ou les autres obstacles qui interrompent la transmission d'un poste à l'autre. Ce ne serait pas assez pour traduire une longue dépêche : on a donc réuni deux à deux les cent quatre-vingt-douze signes primitifs, ce qui donne $192 \times 192 = 36.864$. Un vocabulaire imprimé comprend la distribution complète de ces 36.864 signes. On en a affecté un à chacune des syllabes possibles dans notre langue, d'après la combinaison des consonnes avec les voyelles et diphthongues. Il reste encore une multitude de signaux pour exprimer des phrases convenues à l'avance et annonçant que tel événement prévu est ou n'est pas arrivé.

Depuis plusieurs années on a imaginé de fixer horizontalement le régulateur et de remplacer ses quatre positions par celles d'un indicateur supérieur nommé *mobile*, soutenu par son milieu et pouvant être horizontal, vertical ou incliné de 45°. Cette complication apparente est une amélioration et une simplification incontestables; le jeu des pédales est moins difficile, et l'on n'éprouve pas les dérangements auxquels la complication de l'instrument primitif exposait fréquemment la manœuvre. Cet appareil a été adopté par le gouvernement, et on le voit fonctionner sur une des tours de Saint-Sulpice.

La distance entre les différentes stations des lignes télégraphiques est en moyenne de trois lieues. La vitesse de la transmission des dépêches varie suivant la direction des lignes. On reçoit à Paris des nouvelles de Calais (68 lieues) en 3 minutes par le moyen de 33 télégraphes; celles de Lille (60 lieues) en 2 minutes par 22 télégraphes; celles de Strasbourg (120 lieues) en 6 minutes 1/2 par 44 télégraphes; celles de Toulon (207 lieues) en 20 minutes par 100 télégraphes; celles de Brest (150 lieues) en 8 minutes par 54 télégraphes;

Télégraphes étrangers. Les autres peuples, notamment les Anglais, n'ont pas imité tout à fait le télégraphe de Chappe. Dans les pays brumeux, les signaux opaques sont rarement visibles. On préfère des fanaux placés derrière des volets mobiles, et dont les combinaisons sont assez variées pour offrir une multitude de

Digitized by Google

signes. On assure que les ingénieurs anglais savent réduire le nombre des chiffres servant à écrire les dépêches en en tirant au moyen de logarithmes la racine carrée ou cube ou d'une puissance très élevée. On peut ainsi, par un seul chiffre, et avec d'autres signes peu nombreux qui expriment la différence en plus ou en moins sur le radical parfait, traduire une longue série formant plusieurs lignes.

Systèmes divers. A peine l'invention de Chappe fut-elle connue qu'un grand nombre de savants s'efforcèrent de la perfectionner. En l'an VI, Bréguet et Bétancourt présentèrent à l'Institut un télégraphe à cadran circulaire d'une composition très ingénieuse; Peytes-Montcabrier essaya avec succès à Rochefort un télégraphe qu'il nomma vivigraphe et qu'on peut établir en 24 heures; Edelvrantz, dans un traité sur le télégraphe, proposa des perfectionnements simples et ingénieux; en 1820, M. de Saint-Haouen inventa un nouveau modèle. Enfin on proposa divers systèmes pour éclairer les branches du télégraphe pendant la nuit soit avec des verres de couleur, soit simplement avec la lumière du gaz. Nous ne saurions passer en revue ces nombreuses inventions. Nous nous bornerons à passer en revue des systèmes plus récents et qui préoccupent en ce moment l'attention des hommes compétents; ces systèmes sont ceux de M. Vilallongue et Gonon.

Système télégraphique de jour et de nuit de M. Vilallongue. M. Vilallongue s'est proposé de construire un télégraphe propre à produire la nuit comme le jour les mêmes signaux que le télegraphe à régulateur horizontal. Son projet, soumis à l'Académie des sciences, a été l'objet d'un rapport de M. Mathieu (1).

Voici en quoi consiste le télégraphe de jour :

Concevons dans la face plane d'une tour deux ouvertures circulaires de 2 à 3 mètres de diamètre, ayant leurs centres à la même hauteur. Chaque ouverture est fermée par un disque en bois ou en tôle, tournant dans son plan autour de son centre. Sur chaque disque, couvert d'une couche noire comme la tour, on peint en blanc un rayon d'environ 2 décimètres de largeur. Ces deux rayons, qui tournent avec les disques, forment les indicateurs du télégraphe de M. Vilallongue. Le régulateur est une barre horizontale fixe et peinte en blanc, qui réunit les centres des deux disques.

Une troisième ouverture circulaire, pratiquée au-dessus des deux autres, est aussi fermée par un disque noir sur lequel un diametre peint en blanc représente le mobile ou indicateur supérieur.

Si l'on fait tourner séparément ces trois disques, on obtient, par le mobile et les deux indicateurs, tous les signaux télégraphiques du modele qui fonctionne sur les tours de Saint-Sulpice.

L'axe ou essieu qui fait tourner le disque situé à l'une de ses extrémités, donne aussi un mouvement de rotation à un disque égal placé à l'autre extrémité et fermant une ouverture pratiquée sur la face opposée de la tour.

Le guetteur en imitant sur une face de la tour le signal de la station en sa présence, reproduit le même signal sur la face opposée et en vue de la station suivante. Au lieu d'un signal unique surmontant la tour, on a donc deux signaux parfaitement identiques sur les deux faces opposées de la tour et la transmission peut s'effectuer d'une station à l'autre comme avec le télégraphe ordinaire.

Dans ce système, tout le mécanisme est renfermé dans l'intérieur de la tour, à l'abri des intempéries et sous la main du guetteur qui n'a pas à se déplacer pour réparer les avaries.

Supposons maintenant que les bandes blanches des trois disques noirs deviennent des évidements garnis de glaces et que les murs blancs intérieurs de la chambre soient fortement éclairés, et au lieu d'un télégraphe de jour, nous aurons un télégraphe de nuit. L'illumination intérieure n'étant vue au dehors que par ces évidements, les bandes blanches du jour sont remplacées par des bandes lumineuses à l'aide desquelles on produit les mêmes signaux par le mouvement des disques.

Le système de M. Vilallongue a été soumis à l'épreuve par MM. les commissaires de l'Académie; l'épreuve lui a été favorable. Le télégraphe de jour a été expérimenté à Perpignan, à une distance de 8.000 mètres, qui forme à peu près la distance moyenne des télégraphes; une barre blanche de 13 décimètres de longueur et de 2 décimètres de largeur, quoique moindre qu'un indicateur ancien, se voyait nettement sur un fond noir avec une lunette grossissant 40 fois.

Le télégraphe de nuit fut essayé à Paris, les deux stations étaient Meudon et l'Observatoire, points éloignés l'un de l'autre d'environ 8 kil. On avait ménagé à la croisée fermée d'une maison de Meudon une ouverture rectangulaire de 2 décimètres de largeur et de 11 à 12 décimètres de longueur. Cette ouverture était fermée par une bande de fragments d'une lentille de phare; on plaçait au foyer, à 93 centim., une lampe ordinaire brûlant à blanc. Après plusieurs essais faits dans des circonstances atmosphériques plus ou moins favorables, et où la lumière était toujours visible à l'œil nu, la commission a reconnu :

1° Qu'avec une bande lenticulaire à échelons de 3 à 4 centimètres de largeur on voit parfaitement, dans une lunette grossissant 40 fois, une ligne brillante, et que la direction de cette ligne est bien déterminée;

2° Qu'en cachant avec un écran la partie centrale de la bande lenticulaire et en conservant aux deux extrémités une longueur de 25 centim., on obtient deux points lumineux bien distincts.

Les deux points lumineux donnent une direction facile à reconnaître, et qui ne sera pas altérée par le jeu des réfractions, comme pourrait l'être une bande lumineuse. On peut donc supprimer la partie centrale des échelons lenticulaires, ce qui amènerait une diminution de poids et une économie considérable dans la dépense.

Une lampe placée entre deux disques opposés, réunis par le même axe horizontal et au foyer commun des bandes lenticulaires enchâssées dans ces disques, éclairera les deux côtés de la tour. Trois lampes porteront donc à chacune des deux stations voisines les images brillantes des indicateurs et du mobile. Quant au régulateur, dont on pourrait se passer à la rigueur, on placera une bande lenticulaire horizontale dans la paroi de la tour, entre les circonférences des deux disques indicateurs et dans la direction de leurs centres. Cette bande éclairée de chaque côté par une quatrième lampe donnera la direction horizontale du régulateur par sa partie centrale. Quatre lampes ordinaires, que l'on pourrait encore réduire, si l'on voulait, par des combinaisons de miroirs, suffiront donc pour le télégraphe de nuit de M. Vilallongue.

Système télégraphique universel et perpétuel pour le jour et la nuit de M. Gonon. Le 12 février 1844, M. Gonon lut à l'Académie des sciences la description de l'appareil qu'il propose de substituer aux télégraphes actuellement en usage. Selon lui, son télégraphe est tellement simple que tous les employés peuvent être parfaitement au courant des signaux dans quatre leçons d'une heure, et devenir réellement habiles après une pratique de deux à trois semaines.

Le corps de la nouvelle machine est immobile et se compose de deux poteaux réunis dans une partie de leur hauteur par des volets. Des flèches sont placées à la partie supérieure, au milieu et au sommet de ces poteaux. Rien de plus ingénieux que le mécanisme qui

(1) Le 24 janvier 1842

Digitized by Google

préside à leurs mouvements, à l'ouverture, à la fermeture des volets : ce sont, d'une part, des manivelles qui se meuvent sur des cadrans divisés; de l'autre, des touches numérotées assez semblables à celles d'un piano, et le jeu de toutes ces pièces est rapide au point de permettre à des employés bien exercés de donner jusqu'à 12 ou 13 signaux par minute, c'est-à-dire d'expédier une dépêche de 900 à 1.000 mots dans l'espace d'une heure et à la distance de 100 lieues.

Ce qu'il y a de remarquable dans la découverte de M. Gonon, c'est moins encore la disposition de son appareil que la perfection de son vocabulaire. Dans le système actuel, la transmission d'un mot exige ordinairement plusieurs signaux; c'est le contraire dans celui-ci : jamais le nombre des signaux ne dépasse celui des mots; on gagne souvent sur eux 20, 30 et même 50 p. 100.

Outre ces avantages le dictionnaire de M. Gonon permet de correspondre dans toutes les langues qui, comme la nôtre, se stéréotypent en caractères romains, et cela avec les signes d'une ponctuation régulière, les alinéas, les soulignés, etc.

Le télégraphe dont nous parlons est en même temps un télégraphe de nuit. Pour cela, un instant de préparation suffit; l'éclairage consiste en des lanternes de couleur suspendues aux flèches ou placées dans les croisées.

Il nous est impossible de suivre M. Gonon dans toutes les applications de son système, mais il en est une que nous voulons mentionner.

Dans l'état actuel des choses, le service des lignes coûte environ un million par an; on peut dire que l'économie de courriers qu'il apporte couvre, et au-delà, cette dépense. En réalité, il ne constitue pas une charge pour le pays. Mais M. Gonon veut en faire, comme de l'administration des postes, une source de revenus.

Voici son calcul : la transmission des dépêches, devenue facile et rapide au point de dépasser les besoins du gouvernement, il propose de faire de son système un moyen de correspondance à la portée du monde industriel, commerçant et financier. Cette correspondance *ouverte*, traduite et signée par des officiers assermentés, ne pourrait jamais être employée dans des intentions coupables, et l'autorité, faisant elle-même connaître le cours des rentes, des fonds étrangers, etc., les colporteurs de fausses nouvelles n'auraient plus aucune chance de succès dans leurs marchés de bourse.

DEUXIÈME PARTIE.

DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

Nous avons donné à l'article PILE la construction de cet admirable instrument. Nous n'avons pas à y revenir ici et nous supposons connus les moyens d'obtenir le fluide électrique en mouvement, point de départ de la télégraphie électrique. Passons maintenant à l'étude d'un phénomène non moins mystérieux qui complétera les notions nécessaires à l'intelligence de la télégraphie électrique.

L'aimant attire le fer, tout le monde sait cela. Ce qu'on sait moins communément, c'est qu'on peut, à l'aide d'un courant électrique qui circule dans les fils de la pile, créer des aimants temporaires, c'est-à-dire des corps qui attirent le fer quand le courant a lieu.

Prenez une lame de fer doux, le fer doux n'a aucune des propriétés de l'aimant. Vous allez les lui donner et les lui enlever à volonté. Pour cela, pliez un fil de cuivre plusieurs fois sur lui-même, de façon à lui donner la forme d'un filet de vis. Dans l'intérieur de cette *hélice*, mettez la lame de fer doux; puis, enfin, faites communiquer l'hélice avec les fils de la pile, et aussitôt ce fer doux devient aimant et, comme un aimant, il attire le fer. Interrompez la communication entre la pile et l'hélice, et aussitôt le fer doux perd la propriété d'attirer le fer, il cesse d'être un aimant.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'établir un télégraphe électrique entre Paris et Rouen.

Plaçons une pile à Paris, disposons à Rouen les lames de fer doux et les hélices qui, en donnant accès au fluide électrique, transformeront ces lames en aimants, puis étendons de l'une à l'autre de ces deux villes les fils conducteurs qui, partant de la pile, iront aboutir à l'hélice.

Mettons actuellement la pile en action. Aussitôt que le fluide électrique se développe dans l'hélice, le fer doux est aimanté et attiré par la pièce de fer stationnaire, il se porte au-devant d'elle. Maintenant interrompons le courant électrique. Supposez par exemple que nous brisions les fils, et aussitôt l'électricité, n'arrivant plus jusqu'à l'hélice, le fer doux perd sa puissance magnétique, il n'attire plus, il n'est plus attiré. Or, imaginons que, pour se porter vers l'aimant, le fer stationnaire ait à vaincre la résistance d'un petit ressort. La force magnétique que lui prête le courant électrique lui permettra de vaincre cet obstacle. Mais dès que, par l'interruption du courant, cette force magnétique cessera de l'animer, aussitôt le petit ressort repoussera la lame de fer doux jusqu'à la place qu'elle occupait avant l'arrivée du courant. De sorte que, chaque fois que nous établirons et que nous romprons ce courant, le fer doux sera porté en avant, puis repoussé en arrière. Cet effet mécanique, ce mouvement de va-et-vient une fois produit, il ne nous reste plus qu'à chercher un moyen de l'utiliser pour la transmission des signes. Vingt moyens sont praticables; en voici un que nous pourrons employer.

Plaçons au-dessous de l'électro-aimant une bande de papier que nous mettrons en mouvement à l'aide d'un mécanisme quelconque : disposons de plus un pinceau ou un crayon, de telle sorte qu'un mouvement de bascule, imprimé au fer doux, suffise pour pousser ce pinceau ou ce crayon sur la bande de papier, faisons enfin que ce mouvement de bascule soit imprimé au fer doux chaque fois que le courant électrique viendra développer en lui la vertu magnétique. Ces dispositions étant prises, il est clair que chaque fois que le fer doux sera mis en mouvement, le pinceau tracera un signe sur le papier. Le courant ne dure-t-il qu'un instant? il n'y aura qu'un point de marqué. Dure-t-il plus longtemps? il y aura une ligne; plus longtemps encore, une ligne plus longue sera produite, et si nous avons à l'avance donné une signification précise à toutes les combinaisons possibles de points, de lignes de diverses longueurs, il est évident que nous pourrons faire d'un bout à l'autre de la ligne télégraphique l'échange de nos pensées; nous pourrons, par exemple, engager ce dialogue historique : « Comment vous portez-vous? » me demanderez-vous de Paris. « Je me porte bien et je fume mon cigare, » répondrai-je de Rouen (1).

Le procédé que nous venons de décrire et qui est celui de M. Morse ne saisit-il pas assez vivement votre imagination? préférez-vous que l'action de l'électricité amène devant vos yeux des lettres ordinaires, et compose ainsi de toutes pièces et dans l'écriture usuelle des mots et des phrases? Rien de plus facile. Et parmi les systèmes qui remplissent à souhait cette condition, nous citerons celui de M. Wheatstone dont nous allons vous donner une idée.

Les fils que nous venons d'employer conduisaient très bien l'électricité de Paris à Rouen. Toutes les substances n'ont pas cette propriété. Il en est qui opposent un insurmontable obstacle au passage de l'électricité. L'ivoire est au nombre de ces substances *non conductrices*.

(1) Paroles par lesquelles MM. Arago et Bréguet ont inauguré la ligne télégraphique de Paris à Rouen.

Digitized by Google

Ceci une fois posé, prenez une roue d'engrenage en cuivre portée sur un axe ou essieu, également en cuivre, puis remplissez de petites pièces d'ivoire les intervalles qui séparent les dents de cette roue. Vous aurez un cercle complet dont la circonférence sera composée de parties d'ivoire et de parties de cuivre, c'est-à-dire de substances *conductrices* et de substances *non conductrices* de l'électricité. Admettons qu'il y ait 24 parties de chacune de ces substances.

Maintenant, rompons près de la pile l'un des deux fils qui vont de Paris à Rouen, faisons que l'extrémité libre de la portion de fil, restée adhérente à la pile, soit toujours en contact avec la circonférence de notre roue, et enfin attachons l'extrémité libre de l'autre portion du fil brisé, attachons-la, dis-je, à l'axe de la roue. Cette disposition étant prise, il arrivera évidemment, quand nous ferons tourner cette roue, que l'extrémité du fil qui touche le bord de la roue se trouvera alternativement en contact avec le cuivre et avec l'ivoire, c'est-à-dire avec des parties conductrices et des parties non conductrices de l'électricité. Quand il touchera le cuivre, le courant électrique passera de ce fil sur la roue, de la roue sur l'axe de celle-ci, et de cet axe sur le fil qui lui est attaché et qui le conduira à Rouen. Quand, au contraire, il touchera l'ivoire, celui-ci s'opposera au passage de l'électricité et le courant sera interrompu. Et comme notre roue se compose de 24 parties d'ivoire et de 24 parties de cuivre, vous voyez que pour chaque tour entier de roue, le courant électrique sera 24 fois établi et 24 fois interrompu, et que par conséquent la lame de fer doux qui communique à Rouen avec les fils de la pile sera 24 fois rendue magnétique, et retournera 24 fois à l'état naturel.

Imaginez maintenant qu'en avant de cette pièce de fer doux soit placée une roue d'engrenage, et supposez que cette roue soit empêchée de tourner par une petite pièce de fer; quand la pile sera en mouvement, la lame aimantée attirera à elle cette pièce de fer, et l'engrenage, au mouvement duquel rien ne s'opposera plus, avancera d'une dent. Lorsqu'au contraire le courant sera interrompu, le fer abandonné par l'aimant sera reporté contre la roue qui, dès lors, cessera de tourner.

Imaginons, pour plus de simplicité, que chacune des parties de cuivre, de la roue de cuivre et d'ivoire que nous avons établie à Paris, porte l'une des lettres de l'alphabet. Imaginons encore que chacune des dents de l'engrenage que nous avons monté à Rouen, porte également une lettre; convenons que la lettre qui fera partie de la dépêche sera celle qui occupera le sommet des deux roues; ayons soin qu'au début de chaque expérience les mêmes lettres occupent les mêmes places sur les deux roues de Rouen et de Paris; supposons que c'est en ce moment la lettre A qui occupe le sommet des deux roues, et voyons comment nous nous y prendrons pour transmettre de Paris à Rouen un mot qui commencera par la lettre B par exemple.

Il nous faut, d'après ce qui vient d'être dit, amener la lettre B à la place occupée par la lettre A; or, entre ces deux lettres qu'y a-t-il sur notre roue? Une pièce d'ivoire, c'est-à-dire une pièce non conductrice de l'électricité. Donc quand cette pièce passera sous le fil adhérent à la pile, il n'y aura pas d'effet produit, mais aussitôt après, la partie cuivre qui porte la lettre B viendra occuper la place de cette pièce d'ivoire, et aussitôt le fil qui la touche versera sur elle son électricité, l'électrité se communiquera de la roue à l'axe de celle-ci, de l'axe au fil qui mène à Rouen. A Rouen, le fer renfermé dans l'hélice entrera en action, il attirera à lui la pièce de fer qui tenait l'engrenage en arrêt; une dent s'avancera, la lettre B viendra se placer au sommet de la roue, et l'observateur de Rouen sera prévenu que le premier mot de la missive commence par B.

C'est ici le cas d'indiquer comment on sera prévenu à Rouen que le correspondant de Paris a une dépêche à transmettre. Rien de plus simple; il suffira d'une sonnette placée dans la chambre du télégraphe à Rouen, que l'on mettra en mouvement de Paris pour faire savoir que l'on a un signal à transmettre.

Le télégraphe que nous venons de construire, tout merveilleux qu'il vous paraisse, est cependant fort en arrière des procédés actuellement en usage. Nous avons employé deux fils pour établir la communication entre nos deux stations. Eh bien! plusieurs constructeurs habiles ont complétement supprimé l'un des deux fils, et ce perfectionnement, qui réduit les dépenses à près de moitié, sera sans doute appliqué à toutes les lignes qu'on construira à l'avenir. Cependant, pour que l'électricité dégagée par la pile produise l'effet désiré, il faut qu'elle se propage dans un circuit complétement fermé. On remplira cette condition en rompant le fil à l'une des stations, lui laissant seulement la longueur nécessaire pour qu'il puisse descendre dans un puits creusé près de la pile, et le terminant par une plaque qui plongera dans l'eau de ce puits; puis disposant de même à l'autre station la portion de fil qui sera en rapport avec l'hélice. Les deux plaques seront séparées l'une de l'autre par une étendue de terre égale à la distance de Paris à Rouen; cette étendue de terre remplira l'office du fil retranché, et malgré cette soustraction de plus de 30 lieues de fil, le courant s'établira avec autant de régularité que jadis, les signaux seront transmis avec la même fidélité, avec la même promptitude; bien plus, avec une énergie double, ainsi que l'attestent de récentes expériences.

Il n'est même plus besoin de puits, il n'est plus besoin de plaques : il suffit de mettre le fil en contact avec l'un des rails du chemin de fer; ce rail, c'est M. Bréguet qui nous l'apprend, remplace le fil supprimé, et comme la terre, complète le circuit électrique.

M. Matteucci creuse de chaque côté de l'Arno des puits profonds dans lesquels il plonge les plaques terminales d'un seul fil; ce fil, mis en rapport avec une pile, repose sur le lit de l'Arno qu'il traverse d'une rive à l'autre. Pour que le courant s'établisse, il faudra donc que l'électricité passe dans le fil submergé et dans le sol, au-dessous même du fleuve. Eh bien, le courant s'établit, l'aiguille qui indique la force des courants est poussée à 90 degrés. Dès lors, les communications électriques deviennent possibles à l'aide d'un seul fil, d'un côté à l'autre des fleuves, peut-être d'un rivage à l'autre des mers. M. Matteucci propose de joindre par le procédé que nous venons de décrire les côtes de France à celles d'Angleterre. Un Américain va plus loin, il veut lier de la même façon l'Europe à l'Amérique; la nouvelle Écosse à la côte d'Irlande.

Le courant électrique pénétrant dans le sol ne s'y est pas perdu, il en sera de même dans l'élément liquide, car déjà, sans autre conducteur que l'eau elle-même, M. Morse fait passer le courant à travers un canal de 80 pieds de large, et l'expérience renouvelée sur le Susquehannah, là où le fleuve a près d'un mille de large, réussit pleinement.

Terminons ce rapide aperçu en mentionnant quelques applications vraiment merveilleuses du principe de la télégraphie électrique.

Le même principe peut servir à régler et à *faire circuler* le Temps dans les maisons et dans les villes, exactement comme on fait circuler l'eau et le gaz dans des tuyaux. Une seule horloge, celle de l'Hôtel-de-Ville, par exemple, mettra en mouvement toutes les horloges de Paris, réduites dès lors à un cadran et à des aiguilles, qui, pour la premiere fois, marqueront toutes rigoureusement la même heure.

Et, comme on conduit le temps, on peut conduire aussi la musique. Un habile constructeur, M. Fro-

Digitized by Google

ment, transmet à toute distance le jeu du pianiste. Londres et Saint-Pétersbourg pourront assister à un concert donné, à Paris, par Listz ou Prudent.

Enfin, la même force va vous révéler à chaque instant, et noter en votre absence, dans votre cabinet, les phénomènes météréologiques qui se passent par delà les nuages, et au sein des dernières couches atteintes par les puits artésiens.

SYSTÈMES DIVERS DE TÉLÉGRAPHIE.

CHAPITRE Ier. LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE AVANT LA DÉCOUVERTE DE LA PILE.

§ I. *Télégraphe de Lesage.* Le premier système de télégraphie électrique que l'on connaisse est celui qui a été imaginé en 1774, par un savant de Genève, par Lesage.

L'électro-moteur était une machine électrique : un fil particulier était affecté à chaque lettre; il y en avait 24. Il y avait, en outre, autant d'électro-mètres que de fils; les fils étaient noyés dans une matière isolante. En faisant passer la décharge de la machine à travers tel ou tel fil, on produisait à l'autre extrémité l'effet représentatif de telle ou telle lettre de l'alphabet.

Ce système fut établi en petit, aux environs de Madrid, par M. de Bétancourt.

§ II. *Télégraphe de Reiser, de Salva.* Vingt ans après, en 1794, un Allemand, Reiser, donna, dans le *Magasin périodique* de Voigt, la description d'un télégraphe, consistant en une machine électrique et une table de verre, dans laquelle étaient incrustées toutes les lettres de l'alphabet. Ces lettres étaient en métal, à chacune d'elles venait aboutir un fil de fer isolé dans un tube de verre et pouvant être mis en rapport par son autre extrémité avec la machine électrique; l'électricité venant à se répandre sur l'un des fils, l'étincelle jaillissait entre ce fil et la lettre placée en regard; et ainsi le correspondant était prévenu que cette lettre faisait partie de la dépêche.

D'après le *Magasin de Voigt*, de 1798, le docteur Salva construisit en Espagne un télégraphe fondé sur ce principe. Une nouvelle fut ainsi apportée d'une très grande distance à l'infant don Antonio.

Disons, avant d'aller plus loin, que Franklin conçut aussi la possibilité d'employer l'électricité à la transmission des dépêches.

CHAPITRE II. LE TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE DEPUIS LA DÉCOUVERTE DE LA PILE.

Télégraphe de Sœmmering. La pile fut découverte en 1800. Onze années se passèrent avant qu'on proposât d'en faire l'application au télégraphe. Sœmmering eut le premier cette idée; il la consigna dans le *Journal de Schweiger*, de 1811. A cette époque, l'électro-magnétisme n'étant pas découvert, l'effet le plus remarquable que produisait la pile consistait dans la décomposition de l'eau. Ce fut ce grand phénomène que Sœmmering essaya d'utiliser pour la transmission des dépêches.

Son télégraphe avait trente-cinq fils; vingt-cinq représentaient des lettres, dix des chiffres. Chacun d'eux, renfermé dans des tubes de verre, plongeait son extrémité dans un réservoir rempli d'eau distillée qui était décomposée dès que le courant s'établissait entre deux de ces fils; l'extrémité qui plongeait dans l'eau était formée d'une pointe d'or, afin d'empêcher une trop prompte oxydation.

Ce n'était qu'à l'aide de combinaisons très compliquées qu'on parvenait à former des mots et des nombres.

Cinq ans après, le docteur Coxe, de Philadelphie, fit mention de l'application du galvanisme à la construction des télégraphes, mais il ne donna aucun moyen pratique (1).

CHAPITRE III. LE TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE DEPUIS LA DÉCOUVERTE DE L'ÉLECTRO-MAGNÉTISME.

§ I. *Idées d'Ampère.* Dix ans après la découverte de la pile, OErsted fit la découverte fondamentale sur laquelle repose toute cette branche de la physique. Il parvint à faire agir l'électricité d'une façon permanente sur le magnétisme. Il vit que le courant électrique fait dévier l'aiguille aimantée de sa position. A peine cette découverte fut-elle faite qu'Ampère prévit l'emploi qu'elle allait recevoir.

En effet, dans cette même année 1810, l'illustre physicien, dans le premier Mémoire qu'il publia sur l'action que le courant électrique exerce sur l'aiguille aimantée, indique dans les termes suivants la composition d'un télégraphe électrique :

« Autant d'aiguilles aimantées que de lettres de l'alphabet, qui seraient mises en mouvement par des conducteurs qu'on ferait communiquer successivement avec la pile, à l'aide de touches de clavier qu'on baisserait à volonté, pourraient donner lieu à une correspondance télégraphique qui franchirait toutes les distances et serait aussi prompte que l'écriture ou la parole pour transmettre les pensées. »

Cependant, une autre invention restait à faire pour que la télégraphie électrique fût en possession de tous ses éléments, c'était celle d'un instrument qui, multipliant les forces électro-magnétiques, fût sensible aux moindres traces de cet agent : cet instrument c'est le *multiplicateur* ou *galvanomètre*. Schweiger l'inventa peu de temps après la découverte d'OErsted; depuis, Nobili lui apporta des perfectionnements qui centuplèrent sa sensibilité.

Depuis la découverte d'OErsted jusqu'à la première application qu'elle reçut, douze ou treize années se passèrent.

§ II. *Télégraphe électro-magnétique de Schilling. — Invention du timbre avertisseur.* En 1832 ou 1833, M. le baron de Schilling établit à Saint-Pétersbourg un télégraphe électro-magnétique; son appareil consistait :

1° En un certain nombre de fils de platine isolés et réunis dans une corde de soie :

2° A l'une des stations, en des aiguilles aimantées placées dans une position verticale au centre du multiplicateur et correspondantes à ces fils;

3° A l'autre station, en un clavier dont chaque touche correspondait à l'un des fils, et à l'aide duquel on établissait la communication entre tel ou tel de ces fils.

De plus, M. de Schilling avait joint à son appareil une sonnerie destinée à prévenir le correspondant au moment où commençait l'envoi de la dépêche. La pointe de l'aiguille mise la première en mouvement faisait tomber une petite balle de plomb qui mettait ce réveil en mouvement. La mort empêcha M. de Schilling de répéter sur une large échelle les expériences qu'il fit à ce sujet en présence de l'empereur de Russie.

Quelques années après, d'importantes expériences de télégraphie électrique furent réalisées en Angleterre par MM. Cooke et Wheatstone, en Allemagne par Steinheil, et en Amérique par M. Morse.

§ III. *Télégraphe de MM. Cooke et Wheatstone. — Réduction du nombre des conducteurs.* « La première notion sur le premier télégraphe électrique de M. Wheatstone, parut en mars 1837 dans le *Journal of popular education*, et, peu après, M. Wheatstone s'associa à M. Cooke, dont l'attention s'était déjà fixée sur ce sujet. En juin 1837, MM. Wheatstone et Cooke prirent leur premier brevet, et immédiatement une ligne fut établie

(1) *Annales du docteur Thomson*, première série, t. VII, p. 162; février 1816.

Digitized by Google

entre les deux premières stations du chemin de fer de Londres à Birmingham (1). »

Leur télégraphe se composait, comme celui du baron de Schilling, de fils conducteurs, d'aiguilles, d'une pile et d'un clavier ; la sonnerie était remplacée par une cloche d'alarme.

Les fils conducteurs étaient au nombre de cinq et agissaient sur autant d'aiguilles, dont les mouvements se combinaient deux à deux, trois à trois, etc. On produisait ainsi deux cents signaux différents, et on en transmettait trente par minute. A chaque extrémité de la ligne était un clavier composé d'autant de touches qu'il y a de lettres dans l'alphabet ; si l'on posait le doigt sur l'une de ces touches, le caractère correspondant était désigné aux deux stations par les mouvements des aiguilles. Une cloche d'alarme, mise en mouvement par un marteau à détente subitement relâché par l'action d'un aimant temporaire de fer doux, annonçait la transmission de la dépêche.

§ IV. *Télégraphe de M. Morse. — Réduction des conducteurs à un seul circuit. — Messages écrits par l'électricité.* M. Morse dit avoir conçu le plan de son appareil en octobre 1822, pendant un voyage qu'il fit d'Europe en Amérique, mais ce n'est que plus tard qu'il le fit construire. Voici dans quels termes son invention fut communiquée à l'Académie des sciences, dans l'année 1838 :

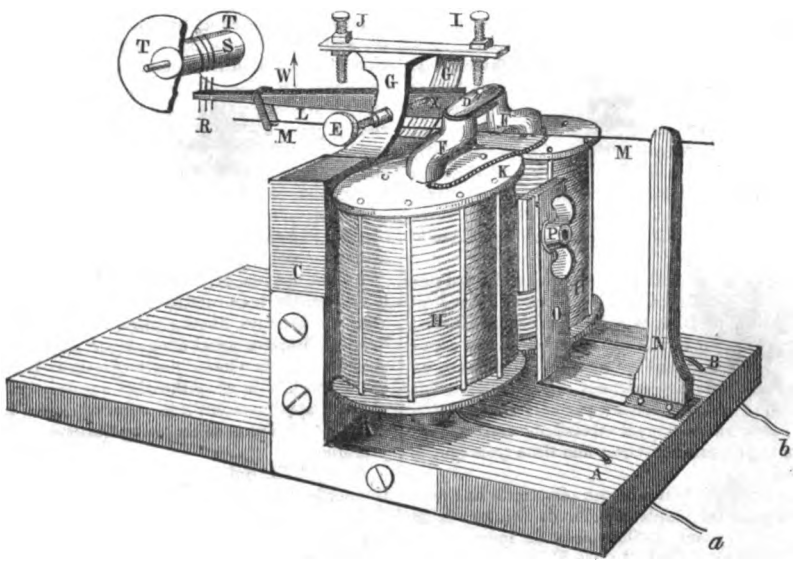
« Le télégraphe de M. Morse n'emploie qu'un seul circuit.

« A l'extrémité du circuit, où les nouvelles doivent être reçues, est un appareil nommé *rapporteur*. Il consiste en un électro-aimant dont le fil forme le prolongement du fil du circuit ; l'armature de cet aimant est attachée au bout d'un petit levier qui, par l'extrémité opposée, porte une plume ; sous cette plume est un ruban de papier qui marche à volonté à l'aide d'un certain nombre de rouages.

« A l'autre extrémité du circuit, c'est-à-dire à la station d'où les nouvelles doivent partir, est un appareil nommé *post composteur* ; il consiste en une batterie aux deux pôles de laquelle finit le circuit. Près de la batterie, une portion du circuit est brisée ; les deux extrémités disjointes sont introduites dans deux coupes de mercure contiguës, qu'à l'aide d'un fil en fourche, attaché à l'extrémité d'un petit levier, on peut à volonté mettre en connexion entre elles ou séparer l'une de l'autre. Ainsi, le circuit est formé ou rompu quand on veut. »

Le jeu du mécanisme est le suivant :

Quand le circuit est fermé, l'aimant est chargé ; il attire (fig. 2436) la plaque de fer doux D, située à l'extrémité du levier L, et le mouvement de celui-ci fait que la plume, placée à son extrémité, touche le papier qui passe sur le cylindre S. Quand le circuit est interrompu, le magnétisme du fer à cheval cesse, l'armature revient à sa première position par l'effet du ressort M ; et la plume s'éloigne du papier. Lorsque le circuit est fermé et ouvert rapidement, il reproduit sur le papier mobile de simples points ; si au contraire il reste fermé pendant un certain temps, la plume marque une ligne d'autant plus longue que la fermeture dure plus longtemps. Enfin, rien n'est tracé sur le papier tant que le circuit n'est pas fermé. Ces points, ces lignes et les espaces blancs, conduisent à une grande variété de combinaisons. A l'aide de ces éléments, M. Morse a construit un alphabet ; ainsi on écrira :



2436.

— — — —

vant avec une vitesse régulière. Chaque touche, correspondant à une lettre, vient rencontrer une alternative de parties métalliques et de parties d'ivoire qui interrompent et rétablissent alternativement le courant pendant un temps correspondant à la forme que doit avoir la lettre. Disons aussi que la plume ou le crayon du premier télégraphe ont été remplacés avec avantage par une pointe d'acier qui n'exige aucune surveillance.

Le rapporteur est sous le contrôle de la personne qui envoie une nouvelle. La présence d'une personne pour recevoir la dépêche n'est pas nécessaire, quoique cependant le son d'une cloche, mise en tintement par le mécanisme, annonce que l'on va commencer à écrire.

La distance à laquelle le télégraphe fut essayé est de 10 milles anglais ou de 4 lieues de poste de France. Les expériences eurent pour témoins une commission de l'Institut de Franklin, de Philadelphie, et un comité nommé par le Congrès des États-Unis. Les rapports des deux commissions furent extrêmement favorables. Le comité du Congrès proposa de consacrer 30.000 dollars (150.000 francs) à une expérience en grand de ce mode de communication. La dépense de construction était évaluée par M. Morse à 3.500 francs par mille anglais, ce qui revient à 14,000 francs par lieue de poste de France. La machine à établir à chaque extrémité ne devant pas coûter plus de 1.500 fr. M. Morse pensait que les fils une fois placés dureraient un demi-siècle.

§ V. *Télégraphe de Steinheil. — Suppression d'une moitié du circuit métallique, remplacé par la terre elle-même.* Le 19 juillet 1838, Steinheil établit à Munich un télégraphe qui, partant de son observatoire, traversait dans l'air et par dessus les maisons la distance de ce point à l'Académie des sciences, qui formait la seconde station, et de là se rendait par dessus le reste de la ville à l'observatoire royal (troisième station); la longueur du trajet était d'environ une lieue trois quarts d'Allemagne.

Steinheil employait non pas une pile, mais une machine de rotation semblable à celle de Clarke; le fil était de cuivre. Il avait 36.000 pieds de longueur et trois quarts de ligne d'épaisseur. Ce fil formait aux différentes stations des multiplications de 400 à 600 révolutions autour d'une aiguille aimantée, posée sur un axe vertical. Enfin, Steinheil ayant reconnu que la terre peut servir de conducteur, son fil se terminait à chaque bout par une plaque de cuivre de 6 pouces de côté, enfoncée dans le sol. D'après lui, la résistance du sol était d'autant plus petite qu'on augmentait davantage la surface des plaques enterrées.

Les signes télégraphiques étaient produits par la déviation que le courant imprimait aux aiguilles placées à chaque station dans les multiplicateurs. Suivant que le courant était dirigé dans un sens ou dans l'autre, ce qui dépendait du sens de la rotation imprimée à la machine magnétique, les aiguilles étaient déviées à droite ou à gauche. En se mouvant, ces aiguilles faisaient résonner de petites cloches placées à côté d'elles, et dont chacune donnait un son qui lui était propre, et qui se distinguait facilement de celui de la cloche voisine. Mais M. Steinheil ne s'est pas borné à la production de ces sons fugitifs, il a voulu les fixer en traçant sur le papier des signes qui les rappelassent. Il y est parvenu en faisant avancer, au moyen de la déviation des deux aiguilles aimantées, deux petits tubes pointus munis d'une encre particulière. A chaque coup de cloche l'une des pointes s'avance contre une bande étroite de papier, qui se meut très lentement avec une vitesse uniforme, et y dépose un point bien distinct représentant la note musicale que la cloche a fait entendre. Les notes laissées par chaque pointe sont sur la même ligne; il y a donc deux lignes de notes.

En combinant les sons et les notes jusqu'à quatre, Steinheil avait obtenu un alphabet graphique ou phonique, à l'aide duquel on pouvait écrire tous les mots de la langue allemande et, de plus, tous les chiffres. Les sons pouvaient être produits dans un temps très court; on en obtenait quatre par seconde. Après chaque déviation, les aiguilles étaient ramenées dans leur position primitive par l'action des forces magnétiques de deux petits aimants régulateurs.

§ VI. *Second télégraphe de M. Wheatstone. — Invention du cadran indicateur.* Deux ans après les expériences de Steinheil, M. Wheatstone apportait de notables perfectionnements a son télégraphe, mais il négligeait de faire entrer la terre dans le circuit. Ses expériences furent faites, en octobre 1840, à l'observatoire de Bruxelles.

Son appareil, primitivement formé de cinq fils conducteurs, ne se composait plus que de deux fils. Ces fils étaient enfermés dans de petits tubes de fer. Les cinq aiguilles dont les mouvements combinés servaient dans son premier télégraphe à former les signaux, étaient avantageusement remplacées par un cadran circulaire placé à chacune des stations. Ces cadrans portaient les diverses lettres de l'alphabet. Si à l'une des stations on amène telle ou telle lettre du cadran devant un indicateur, la lettre correspondante du cadran de la station avec laquelle on correspond vient se placer instantanément devant un indicateur semblable. Trente lettres au moins pouvaient être transmises par minute.

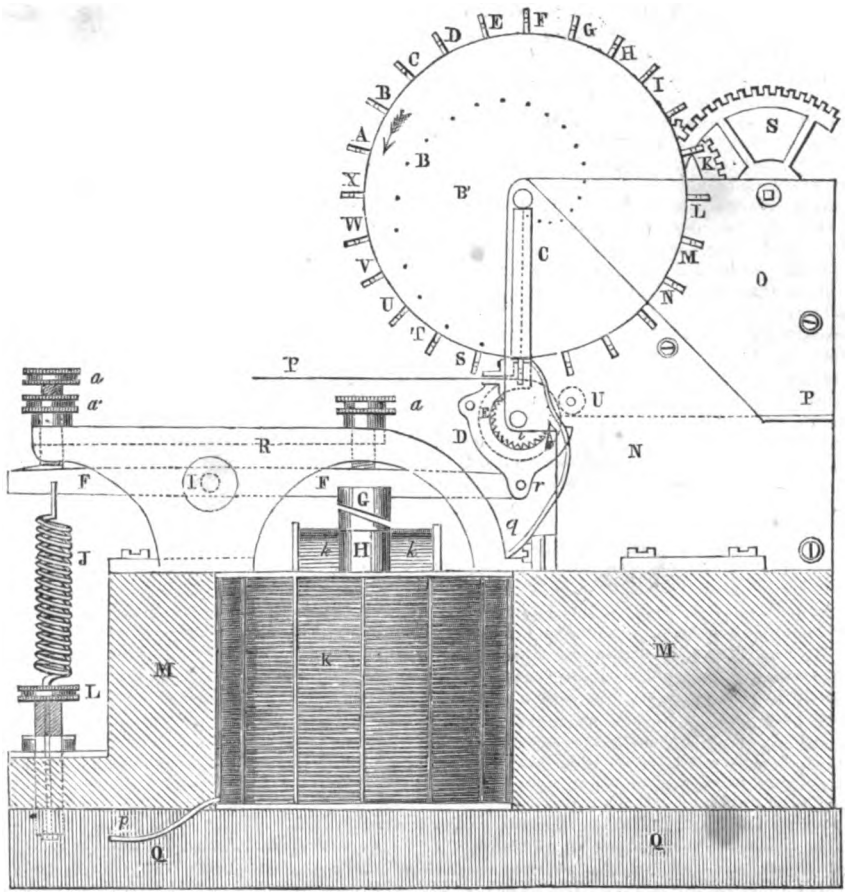
A cette époque, M. Wheatstone annonça avoir trouvé le moyen de transmettre à toutes les maisons d'une ville et d'un pays l'heure marquée par une seule pendule. Il proposa aussi d'employer les mêmes procédés pour mesurer la vitesse des projectiles. Enfin il appela l'attention sur la simplification que les lignes télégraphiques apporteraient à la détermination des longitudes, l'une des plus délicates opérations de l'astronomie pratique.

M. A. Vail, qui a travaillé avec M. Morse à perfectionner le télégraphe électrique aux Etats-Unis, a tenté d'employer un système de cadrans qui lui permettaient non seulement de faire lire la dépêche, mais encore de l'imprimer. La fig. 2437 représente cet appareil ingénieux, mais d'un usage moins simple que celui de M. Wheatstone.

H, est l'électro aimant; G, la plaque de fer doux, qui, attirée par l'aimant, fait baisser le levier F autour de l'axe I; J, est un ressort qui ramène le levier aussitôt que l'action a cessé. Le levier F, en se relevant, entraîne la presse D, qui applique le papier P, se mouvant régulièrement entre cette presse et le cadran. Celui-ci est muni sur sa surface de types repoussés par des ressorts en spirale. Les cadrans des deux stations sont mus par les oscillations de deux pendules, et disposés de manière à ce que les lettres occupent toujours les mêmes places. Si donc on dispose le conducteur q de telle sorte, que quand une lettre voulue arrive à la partie inférieure le courant soit établi, ce qui a lieu en plaçant une pointe dans un des trous percés sur le cadran et qui correspondent à chaque lettre, celle-ci se trouvera aussitôt imprimée à l'autre station. On voit que le grand inconvénient de ce système est d'obliger à attendre le passage d'une lettre, ce qui rend son emploi peu rapide; quant à la concordance des cadrans, s'il arrivait un dérangement, il serait facile de le rectifier par un signal fait au moment où une lettre, l'A, par exemple, occupe la partie inférieure du cadran.

§ VII. *Télégraphe de Jacobi. — Emploi de fils souterrains.* M. Jacobi établit son télégraphe entre Tsarkoïé-Selo et Saint-Pétersbourg sur un trajet de pres de 25 kilom. Comme M. Wheatstone il employa d'abord un circuit entièrement métallique. Mais son appareil différa de tous ceux que nous avons décrits précédemment en ce que les fils, au lieu d'être portés sur des poteaux,

Digitized by Google



2437.

étaient enfoncés en terre; on avait soin de les isoler en les enveloppant d'une couche de résine.

Des expériences faites en 1842 sur une distance d'environ 9 kilom. démontrèrent à M. Jacobi que la terre pouvait, ainsi que l'avait reconnu Steinheil, remplacer le second fil, même à de grandes distances.

Ces expériences furent répétées sur une plus grande échelle entre les deux points ci-dessus indiqués; le fil enfoui dans la terre fut terminé à l'une des stations par une plaque de cuivre, et à l'autre par une plaque de zinc; l'intensité du courant fut double de ce qu'elle est dans le cas où l'on se sert de deux fils.

Dans le télégraphe de M. Jacobi il suffit de frapper légèrement une touche d'un clavier pour que les signaux paraissent à la fois aux deux stations, tracés avec beaucoup d'élégance et une parfaite régularité sur une planchette de verre dépoli. Chaque trait est accompagné d'un coup de sonnette qui sert de contrôle. Une très petite batterie galvanique donne une force plus que suffisante pour faire fonctionner ce télégraphe.

§ VIII. *Télégraphe de M. Bain et suppression de la pile; emploi du sol comme conducteur et générateur du fluide.* M. Bain a imaginé un télégraphe dans lequel non seulement la terre entre dans le circuit et sert à la transmission du courant, mais où encore, remplaçant la pile, elle *génère* le fluide électrique; tout l'appareil est réduit à un fil souterrain terminé à chaque extrémité par une plaque, l'une positive et l'autre négative, également enfouies en terre, celle-ci à une station et celle-là à l'autre. La terre comprise entre deux stations extrêmes est le seul électro-moteur employé.

Cet ingénieux système a été expérimenté sur le *South western railway*. Deux plaques, l'une de cuivre, l'autre de zinc, étaient plongées dans l'eau, celle-ci à Londres et celle-là à une station distante de près d'un myriamètre. Ces deux plaques étaient réunies par un fil de cuivre; les communications se sont établies avec une grande régularité entre les deux stations. M. Bain a remarqué que le courant électrique est d'autant plus intense, que l'étendue de terre qui sépare les deux plaques est plus considérable, mais la quantité d'électricité produite est moindre. Cette intensité est d'ailleurs très constante. D'après ces expériences, il suffit que les plaques aient chacune 26 centimètres carrés de surface.

Ce peu de mots indique suffisamment que dans le système de M. Bain les signes sont transmis par un procédé exactement inverse de celui qui est mis en usage dans les systèmes précédents. Dans ceux-ci le mouvement du mécanisme qui écrit la dépêche est déterminé par *l'établissement* du courant électrique; dans le système de M. Bain, au contraire, par *l'interruption* du courant, par un phénomène d'*induction*. Cette différence résulte évidemment de celle qui existe dans la disposition des appareils. Dans les systèmes que nous avons décrits, le télégraphe, lorsqu'il est au repos, n'est parcouru par aucun courant électrique. Lorsqu'on veut le faire fonctionner, on fait entrer la pile en action, on produit le courant; tandis que dans le système de

Digitized by Google

M. Bain, le courant étant déterminé par la terre même, le mouvement du fluide électrique coïncide avec l'état de repos ou d'inaction de l'appareil; lorsqu'on a une dépêche à transmettre, il faut intercepter le courant.

Le système de M. Bain est complété par deux mécanismes placés chacun à l'une des deux stations; ces machines qui font partie de la portion métallique du circuit se composent :

1° D'un appareil qui transmet le mouvement à une aiguille semblable à celle d'une horloge tournant sur un cadran où se trouvent marqués divers caractères;

2° D'un appareil qui fait résonner une sonnette chaque fois qu'un signe se trouvera transmis;

3° Enfin d'un appareil qui imprime la dépêche.

Le mécanisme qui transmet le mouvement à l'aiguille est un mouvement d'horlogerie mû par des poids. Une détente le force au repos tant que dure le courant électrique; dès que le courant est interrompu la détente opère un léger mouvement de rotation, et le mouvement d'horlogerie est dégagé, les poids se meuvent, l'aiguille marche, la transmission de la dépêche commence. L'aiguille étant arrivée en regard d'un signe ou d'un caractère faisant partie de la dépêche, il suffit de rétablir le courant pour que les pièces qui la font mouvoir s'arrêtent. On voit aussitôt commencer le rôle des pièces résonnantes, et dès que celles-ci ont frappé sur un timbre à ressort, l'appareil d'impression entre en action pour laisser l'empreinte du signe auquel l'aiguille s'est arrêtée sur une feuille de papier enroulée autour d'un cylindre tournant. Lorsque la phrase est terminée, un point se trouve de même imprimé sur le papier, et après avoir attendu une demi-minute, l'impression de la dépêche continue.

L'impression s'effectue à l'aide de types ou caractères enchâssés en saillie à l'extrémité des rayons sur la surface convexe d'une roue. Ces types sont disposés, et la roue conduite de telle façon par le mécanisme qui fait marcher l'aiguille, que lorsqu'un signe est indiqué sur le cadran, le même signe est représenté sur la roue en papier qui doit en recevoir l'empreinte. En ce moment la roue type est poussée en avant et le type s'imprime sur le papier.

TROISIÈME PARTIE.

TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

Communications acoustiques à l'air libre. Le docteur Arnolt raconte, que revenant d'Amérique en Europe, un jour, par une brise de terre, un matelot prétendit entendre le son des cloches. On était à cent lieues des côtes! Tout le monde de rire. Le docteur lui, prend la chose au sérieux; il remarque que la voile est concave, se place à son foyer, et entend distinctement le son des cloches. Il prend note du jour et de l'heure, et six mois après, de retour en Amérique, il s'informe, et apprend qu'en effet, au jour et à l'heure de cette curieuse observation, il y a eu branle-bas général des cloches à l'occasion de la fête de Rio-Janeiro.

Ainsi, à l'air libre, le son s'était transmis à cent lieues de distance.

Un autre jour, le même physicien entendit d'un côté à l'autre d'un lac qui a sept lieues de large, les cris de marchands d'huîtres, et le bruit des rames.

Le docteur Arnolt ne doute pas qu'on ne puisse remplacer ainsi les télégraphes par le langage parlé. Tout l'appareil consisterait en une surface concave placée sur une éminence, à une extrémité de la ligne, et à quelques lieues de là, à l'autre extrémité, en un porte-voix parabolique dirigé vers cette surface. On recueillerait les sons en se plaçant au foyer de celle-ci. Ce serait là, il faut en convenir, un moyen de correspondance peu dispendieux; malheureusement son efficacité est au moins fort douteuse.

Tubes acoustiques. Denys le tyran recueillait de son lit les plaintes des malheureux qui gémissaient dans ses cachots; les juges du Saint-Office entendaient de leur tribunal les vœux qu'une voix, brisée par la torture, murmurait au tribunal de la pénitence; en Angleterre, en Russie, il y a des hôtels et des ateliers, où le maître peut, sans sortir de son cabinet, donner à tous les étages des *ordres verbaux*. Ces faits indiquent que l'on a connu de tout temps la propriété qu'ont les tubes cylindriques de transmettre le son à certaines distances. Mais ce n'est que de nos jours qu'on a eu l'idée d'employer ce mode de communication entre des distances considérables, par exemple, entre deux villes éloignées l'une de l'autre de plusieurs lieues.

Le son fait, comme on sait, 340 mètres par seconde; c'est bien peu par comparaison à l'électricité; cependant, toute désavantageuse que soit la comparaison, le son fait 306 lieues à l'heure, 7.344 lieues en un jour. Si donc le son pouvait être transmis sans s'altérer dans des tuyaux cylindriques, on voit que, fût-on obligé d'établir sur de longues lignes de nombreuses stations intermédiaires, il offrirait un moyen de correspondance qui, même en présence des télégraphes électriques, ne serait pas à dédaigner. Ce mode de correspondance pourrait d'ailleurs être établi à peu de frais. On tire maintenant, en Angleterre, des tubes de fer de tout diamètre, de 20 à 25 pieds de long, qui reviennent moins cher que ceux de plomb.

Non seulement les tubes propagent très bien le son, mais ils en accroissent énormément la puissance. D'après M. Bouvard, un coup de pistolet tiré à l'une des extrémités d'un tube, fait entendre à l'autre extrémité le bruit du canon. M. Jobard a reconnu que le mouvement d'une montre qui n'est pas sensible à la distance de 30 centimètres, s'entend très bien au bout d'un tuyau de 16 mètres sans que la montre touche le métal, et même lorsqu'elle en est éloignée de plusieurs pieds. MM. Biot et Hassenfratz ont fait des expériences plus décisives encore.

Ces messieurs placèrent des tubes dans un aqueduc. Les tubes soutenus par des supports de pierre qui les isolaient du sol, faisaient de nombreux retours sur eux-mêmes, circonstance qu'on peut supposer désavantageuse. Mais en revanche, les expériences étaient faites la nuit, au milieu du plus profond silence. Dans ces conditions la voix la plus basse se fit entendre à près de 1 kilomètre, à 951 mètres de distance : suivant les auteurs de cette expérience, « *le seul moyen de ne pas être entendu à cette distance, eût été de ne pas parler du tout.* »

M. Jobard répéta ces expériences. Il fit placer 600 pieds de tubes de zinc de 3 pouces de diamètre dans un vaste atelier. Ces tubes, dont les diverses portions étaient mal jointes, formaient entre eux onze coudes à angles droits : ils montaient et descendaient d'étage en étage; partie était appendue aux murs, partie était couchée sur le plancher. « *Plusieurs centaines de personnes ont constaté qu'on s'entendait parfaitement même à voix basse.* »

Cette expérience a mis hors de doute un point que celle de MM. Biot et Hassenfratz ne résolvait pas, c'est que le bruit extérieur n'entrave pas les communications acoustiques. Pendant cette expérience des machines à vapeur marchaient; des tours, des limes, et des marteaux ébranlaient tous les étages de l'atelier.

L'établissement de tubes acoustiques a été l'objet des études d'ingénieurs distingués. On a reconnu que les conditions du succès résident dans la nature des tubes qui doivent être composés de métaux sonores, cuivre, zinc, fer, etc...., et dans l'isolement le plus complet possible de ces tubes par rapport au sol. Enfin, M. Jobard pense avec raison, ce nous semble, que le diamètre

Digitized by Google

des tuyaux doit se rapprocher le plus possible de celui de la bouche humaine. Le gouvernement belge a depuis longtemps accordé l'autorisation d'établir les tubes le long des routes. Il n'est pas douteux qu'on ne parvienne à réunir ainsi des villes fort éloignées l'une de l'autre; le savant Babbage se fait fort de causer de Londres avec une personne résidant à Liverpool, qui en est à 70 lieues. Rumford était plus hardi, il pensait que la voix humaine peut franchir ainsi des centaines de lieues. V. MEUNIER.

TENON. Voyez ASSEMBLAGE.

TÉRÉBENTHINE (*Galipot, Résine, Brai*, etc.). Nous nous occuperons, dans cet article, d'un grand nombre de substances dont la nature ou les propriétés présentent des analogies plus ou moins complètes et dont il convient de réunir l'histoire, soit parce que plusieurs de ces matières sont l'objet d'une même fabrication, soit parce qu'il eût été impossible d'éviter de nombreuses répétitions en s'en occupant séparément.

La confusion qui règne en général dans la classification des corps dont nous allons parler, rendra nécessaire une longue énumération dont on nous pardonnera l'aridité si nous parvenons, comme nous en avons l'espoir, à présenter avec ordre ce sujet compliqué.

On donne le nom de térébenthine au suc résineux qui découle naturellement, ou au moyen d'incisions, de plusieurs espèces d'arbres de la famille des térébinthacées et de celle des conifères. Le nom de térébenthine vient du mot grec τερεω (je blesse), qui rappelle les incisions au moyen desquelles on obtient cette substance, ou du mot τερεβενθος, parce que le fruit de l'arbre qui produit la térébenthine la plus anciennement connue ressemble a un pois chiche.

Les térébenthines exercent une action énergique sur les organes des voies urinaires et sont souvent employées avec succès soit au commencement, soit à la fin des affections gonorrhéïques.

On peut classer, d'une manière générale, parmi les térébenthines les produits résineux, mêlés d'huiles essentielles, et les baumes liquides qui ne renferment pas d'acide benzoïque. Le baume de Judée, le baume de copahu, etc., devraient donc figurer ici; mais nous ne nous en occuperons pas parce qu'on en a déja parlé au mot BAUMES. Nous croyons que la classification que nous venons d'indiquer, quoique trop générale et peut-être peu rationnelle au point de vue scientifique, est encore aujourd'hui la plus convenable. Quoi qu'il en soit, on distingue dans le commerce plusieurs espèces de térébenthines proprement dites que nous allons passer en revue.

I. *Térébenthine de Chio.* Cette substance est d'un blanc verdâtre, transparente et presque insipide. Elle est très anciennement connue, puisque Pline en fait mention; c'est elle qui a donné son nom aux corps analogues. La térébenthine de Chio découle naturellement ou par incision du *pistacia terebinthus* L., arbre qui se plaît dans les pays chauds, l'Inde, la Perse, la Syrie, et surtout à Chio. On le trouve jusque dans nos départements méridionaux, mais sa croissance y est incomplète et il ne produit pas de résine.

II. *Térébenthine de Venise.* Elle est produite par le *pinus larix*, L. On la recueille en pratiquant dans le tronc des mélèzes les plus vigoureux, à 0m,60 au-dessus du sol environ, des trous de tarière dans lesquels on introduit de petites gouttières en bois, par lesquelles le produit s'écoule assez abondamment au printemps. La térébenthine de Venise est plus odorante et plus transparente que celle de Chio : on la confond souvent avec celle de Strasbourg dont nous allons parler.

III. *Térébenthine du sapin ou de Strasbourg.* On extrait cette substance du *pinus picea*, L. «Les habitants des lieux où viennent les sapins, dit Duhamel, grimpent avec beaucoup d'adresse à la cime des arbres les plus élevés à l'aide de souliers armés de crampons; l'un de leurs bras les soutient à l'arbre; l'autre est armé d'une corne de bœuf, ou d'un instrument en fer-blanc qui affecte la même forme : ils crèvent avec lui les tumeurs qu'ils trouvent et remplissent bientôt cette corne qu'ils vident ensuite dans une bouteille de fer-blanc qu'ils portent à leur ceinture. Cette bouteille à son tour est vidée dans des outres qui servent au transport dans les villes où le commerce s'en fait en grand. On peut faire ainsi deux récoltes par an, la premiere au printemps, la seconde en automne. Cette espèce fournit près d'un quart d'huile essentielle. »

On purifie cette espece de térébenthine en la filtrant à travers des feuilles du sapin (*pinus excelsa*) placées au fond d'une espèce d'entonnoir formé en roulant l'écorce du même arbre.

La térébenthine de Strasbourg est très transparente, presque incolore et fréquemment employée en médecine : elle entre dans la préparation des pilules de Stahl, de l'onguent de térébenthine camphré, etc. La térébenthine cuite des pharmacies s'obtient en faisant bouillir dans l'eau de roses, ou même dans l'eau pure, le corps qui nous occupe de manière à le débarrasser d'une partie de son huile essentielle.

IV. *Térébenthine commune ou du pin.* Cette substance est de beaucoup la plus importante de la classe qui nous occupe; elle a, par elle-même, de nombreuses applications et les produits qu'elle fournit sont l'objet d'un commerce important. On la recueille en abondance dans la Dordogne et dans les Landes où croissent parfaitement le *pinus sylvestris* et le *pinus maritima* L., arbres d'où elle découle. La récolte se fait de mai à septembre; voici comment on y procède. On choisit les pins de 0m,35 à 0m,40 de diamètre et, avec une hache, on enlève près du pied une bande d'écorce de 0m,12 de largeur et de 0m,50 de hauteur; puis, avec une espèce d'herminette bien tranchante, on fait au bas de cette partie dénudée une incision de 0m,007 de profondeur, de 0m,03 de hauteur et de la largeur de la bande d'écorce enlevée d'abord. Tous les huit jours on fait une semblable incision au-dessus de la précédente, de sorte que la plaie ainsi formée acquiert en un an 0m,80 à 1m de hauteur. L'année suivante on enlève une seconde bande d'écorce au-dessus de la première et on pratique de nouvelles incisions. On continue ainsi chaque année jusqu'à ce qu'on atteigne une hauteur de 4m à 5m. On commence alors, près des racines, une nouvelle entaille parallèle et semblable à la première. On fait de cette manière le tour de l'arbre et on ne revient à la premiere entaille qu'après avoir laissé au temps le soin de la cicatriser. La térébenthine qui s'écoule de l'arbre est reçue dans un vase, ou simplement dans une petite fosse creusée à cet effet. Les arbres traités comme nous venons de l'indiquer vivent de soixante à quatre-vingts ans et fournissent 3 à 4 kilogrammes de térébenthine par an. On peut leur en faire fournir beaucoup plus en pratiquant à la fois plusieurs incisions, mais ils ne donnent dans ce cas que deux ou trois ans.

Le *galipot* est un mélange très pur de résine et d'essence recueilli sur les incisions mêmes des pins. On désigne aussi quelquefois sous ce nom le produit brut tout entier fourni par les arbres. On emploie le galipot à quelques usages particuliers et surtout pour le mélanger aux cires communes avec lesquelles on prépare les cierges jaunes.

Le produit fourni par les pins est un mélange de résine et d'essence qu'il s'agit d'abord de purifier, soit pour le livrer immédiatement au commerce, soit pour le soumettre à d'autres opérations. On y parvient en exposant au soleil, ou à la chaleur d'une étuve, la matiere brute réunie dans des tonneaux dont le fond percé de trous est recouvert de paille, ou même seulement

Digitized by Google

dans des tonneaux mal joints dont les fentes servent de filtres. Les premiers produits qui s'écoulent sont les plus liquides et les plus purs : on les vend sous le nom de *térébenthine fine* ou *térébenthine au soleil*.

Le procédé que nous venons de décrire exige un temps assez long et entraine nécessairement la perte d'une grande quantité d'essence qui se dégage dans l'air; aussi le remplace-t-on toujours aujourd'hui par une méthode due à M. Chevalier et qui présente le double avantage d'améliorer les produits et d'augmenter des deux tiers leur quantité. Cette méthode consiste à mettre la matière brute recueillie au pied des pins dans un sac de toile, entouré d'un tissu d'osier et suspendu dans une chambre où l'on peut circuler. Un tuyau percé de trous sur toute sa largeur et par lequel on peut faire arriver de la vapeur, pénètre dans le sac. Quand la térébenthine brute est placée dans le sac, il s'en écoule d'abord, même à froid, un produit très pur et très liquide qui peut remplacer avec avantage les térébenthines de Chio et de Venise. On introduit ensuite la vapeur; les matières se ramollissent, la térébenthine s'écoule en abondance et l'opération est terminée en quelques heures. On doit modérer l'action de la vapeur pour éviter de liquéfier toute la résine qui, sans cette précaution, se mêlerait en trop grande quantité avec la térébenthine. Du reste, si cet accident se produisait, on y remédierait facilement en mêlant au produit une partie de la térébenthine écoulée à froid.

Le résidu resté dans les sacs après l'action de la vapeur, ou dans les tonneaux, quand on opère au soleil, est fondu et filtré à chaud sur de la paille. Il sert à la préparation de l'essence de térébenthine, dont il renferme encore une certaine quantité, de la colophane, etc., produits dont nous allons maintenant décrire les propriétés et le mode de préparation.

a. Huile essentielle de térébenthine. On obtient cette huile essentielle en distillant dans un alambic la térébenthine, quand on ne la vend pas dans son état naturel, ou bien, ce qui a lieu le plus souvent, le résidu fondu et filtré que l'on obtient après avoir séparé la térébenthine par l'action de la vapeur ou du soleil, comme nous l'avons indiqué ci-dessus. L'essence va se condenser dans le serpentin de l'appareil et il reste dans la cucurbite la partie résineuse ou colophane. La distillation de 100 kil. de térébenthine fournit une douzaine de kilos d'essence et un peu moins de 88 kil. de colophane.

L'essence du commerce renferme toujours de la résine, formée par l'action de l'air, et une certaine quantité d'eau. Pour l'obtenir pure, il faut la mélanger avec un peu de chaux vive qui s'empare de l'eau, la décanter et la distiller une seconde fois, et enfin, si on a besoin d'un produit absolument pur, la laisser digérer avec du chlorure de calcium et la redistiller avec beaucoup de précaution. L'essence ainsi préparée est incolore, limpide, très fluide; sa densité à la température de 22° est de 0,86. Elle entre en ébullition à 156°. Son odeur est forte et désagréable. Elle renferme, d'après M. Dumas, $C^{40}H^{32}$, ou bien :

Carbone.	88,5
Hydrogène.	11,5
	100,0

Les flacons d'essence mal bouchés ou renfermant de l'eau se tapissent avec le temps de cristaux blancs étoilés qui ont été étudiés par plusieurs chimistes et qui paraissent être un hydrate d'essence de térébenthine. Sans entrer ici dans l'histoire de cette substance, qui n'a pour les arts aucun intérêt, nous dirons seulement qu'il faut éviter sa production parce qu'elle altère les propriétés de l'essence.

L'essence de térébenthine forme avec l'acide chlorhydrique une combinaison connue sous le nom de camphre artificiel (voyez CAMPHRE), que nous n'examinerons pas en ce moment, mais qui paraît destinée à jeter quelque lumière sur la nature intime encore assez mal connue de l'essence de térébenthine.

b. Colophane ou *Arcanson*. Ce produit est le résidu de la préparation de l'essence de térébenthine. Il est d'autant plus pur que les matières premières l'étaient elles-mêmes davantage. La térébenthine obtenue à la vapeur ou au soleil donnerait la plus belle qualité. — Cette substance est employée dans quelques vernis et par les luthiers. Son nom vient, dit-on, de Colophon, ville d'Ionie, où on la préparait autrefois.

La colophane peut être représentée par de l'essence de térébenthine oxygénée : sa formule paraît être $C^{80}H^{64}O^{4}$. Mais il ne faut pas la regarder comme un produit simple; c'est un mélange de trois résines au moins, dont deux sont acides et ont reçu les noms d'acides sylvique et pinique. Ces composés, déjà étudiés avec soin, méritent de fixer l'attention des industriels, car ils jouent, sans aucun doute, un rôle très important dans la fabrication des savons résineux dont les applications tendent sans cesse à s'étendre davantage.

c. Résine commune, ou *Poix résine*, ou *Brai sec*. Quand au lieu de recueillir la colophane au moment où cesse le dégagement des vapeurs d'huile essentielle, on la verse bouillante dans un vase de bois où on la brasse fortement avec 10 p. 100 d'eau environ, on obtient la résine commune que l'on verse dans des moules en sable de 0m,50 de diamètre et de 0m,10 à 0m,12 de profondeur dans lesquels elle se solidifie. Ce produit ainsi préparé retient environ 6 p. 100 d'eau; il est opaque, beaucoup moins coloré et moins fragile que la colophane, que l'on est forcé d'emballer dans des barriques, tandis que la résine peut s'expédier dans de simples bâches en roseau. La résine fond plus facilement que la colophane et s'attache moins au fond des vases. Elle est soluble dans les alcalis, les huiles grasses et dans l'éther. L'alcool en dissout le tiers de son poids. Sa densité est de 1,073, suivant Thomson.

La résine mélangée avec du soufre et du suif forme une excellente matière pour le calfatage des navires. Elle sert également à la préparation du mastic de fontainier, qui n'est autre chose qu'un mélange d'une partie de résine avec deux parties de brique finement pulvérisée et fondues ensemble. — On peut préparer avec la résine un gaz d'éclairage de très bonne qualité (voyez ÉCLAIRAGE), mais dont le prix est malheureusement trop élevé.

La résine soumise à la distillation produit une huile fine et une huile volatile. Ces liquides ont été jusqu'à présent peu employés en France (voyez GRAISSAGE). Ils paraissent cependant susceptibles de nombreuses applications qu'il serait intéressant de découvrir.

d. Barras ou *Perrine*. On désigne ainsi le produit obtenu en faisant fondre et filtrer à une douce chaleur les matières résineuses solidifiées à la surface des incisions.

e. Poix de Bourgogne. C'est du galipot filtré avec soin et convenablement épaissi par la chaleur.

f. Brai gras. La paille à travers laquelle on a filtré les térébenthines, les tonneaux qui ont servi à les renfermer, et en général tous les résidus des préparations précédentes, renferment une certaine quantité de résines et de térébenthine que l'on utilise, comme nous allons l'indiquer, pour la préparation du brai gras. On charge toutes ces matières par l'ouverture supérieure d'un four présentant la forme d'un cône renversé, ovale ou circulaire, de 3m à 4m de hauteur et de 1m,80 à 2m de diamètre. Une ouverture, ménagée à la partie inférieure de ce four, permet aux produits de cette espèce de distillation de couler dans une rigole qui les conduit dans des baquets en bois remplis d'eau dans lesquels ils se rassemblent. On obtient ainsi une masse d'un brun

Digitized by Google

rougeâtre et presque liquide, on la décante pour séparer les impuretés et on la fait bouillir dans une chaudière en fonte jusqu'à ce qu'elle atteigne la consistance convenable.

g. Poix noire. On désigne sous ce nom le brai gras mélangé de noir de fumée ou autres matières charbonneuses.

h. Goudron. Le goudron est une matière liquide, de consistance sirupeuse, d'un brun noirâtre, demi-transparente et d'une odeur empyreumatique particulière. Quand il est de bonne qualité, il communique à l'eau ou à la salive une légère teinte rosée et une apparence lactescente quand il est moins bon. Exposé à l'air, en couches minces, il se transforme en une croûte d'un noir brun, luisante et qui adhère fortement aux bois sur lesquels il se trouve appliqué. Le goudron soumis à l'action de la chaleur se liquéfie, bout en répandant des fumées abondantes et finit par se transformer en brai gras, ou plutôt en poix noire. Il brûle facilement, mais avec une flamme très fuligineuse, au milieu de laquelle on voit s'élever de petites bulles enflammées.

On fabrique, dans les environs de Bordeaux, une grande quantité de goudron avec les pins épuisés de térébenthine. On coupe, à cet effet, les arbres par tronçons de $0^m,65$ de largeur que l'on refend en bûchettes de quelques centimètres seulement de diamètre. On entasse le bois ainsi préparé dans un four circulaire de 6^m à 7^m de diamètre, dont la sole est percée d'une ouverture centrale, par laquelle le goudron s'écoule dans les vases destinés à le recevoir. On a d'ailleurs le soin de recouvrir le tas de gazon avant d'y mettre le feu et de conduire l'opération avec tous les soins indiqués au mot CARBONISATION. Le goudron ainsi obtenu se trouve mélangé d'une certaine quantité d'eau et d'acide acétique dont on le débarrasse par l'action de la chaleur. On pourrait opérer une séparation plus complète de l'acide par l'addition d'une faible quantité de carbonate de chaux en poudre, dont l'emploi, peu coûteux, produirait certainement de bons résultats.

Le goudron sert à enduire les cordages, les voiles et les bois des navires. Pour le calfatage on le mélange avec du brai gras ou avec de la résine : ce dernier mélange est connu sous le nom de *poix végétale* ou *navale*.

Les goudrons de Suède, de Norwége et de Russie sont très renommés et connus depuis longtemps. On les extrait principalement du *pinus rubra*, L. Mais on peut affirmer que nos goudrons du département des Landes ne le cèdent en rien à ceux du Nord et sont même presque toujours vendus aujourd'hui pour ces derniers; c'est une fraude que d'anciens préjugés rendent malheureusement encore nécessaire.

i. Poix bâtarde. C'est un mélange de goudron, de poix noire et de brai gras.

Les térébenthines et leurs dérivés forment, comme nous venons de le voir, une série de produits nombreux et qui sont pour quelques-uns de nos départements une source de prospérité destinée probablement à s'accroître chaque jour, car les résines peuvent fournir à l'industrie une foule de vernis, d'enduits, etc., dont on est loin encore d'apprécier toute l'utilité.

Terminons enfin en renvoyant le lecteur aux articles suivants du Dictionnaire, qui se rattachent plus ou moins directement au sujet qui vient de nous occuper : BAUMES, LAQUE, MASTIC, NOIR DE FUMÉE, VERNIS, etc.

H. MANGON.

TERRASSEMENT. Quand on trace une voie de communication, route, canal ou chemin de fer, on est astreint à certaines règles, conséquences de la destination de cette voie. Parmi ces règles il en est quelques-unes, celles qui concernent les pentes et les courbes, dont on ne doit pas se départir, sous peine de diminuer le degré d'utilité de la voie que l'on veut créer, ou même d'en rendre l'usage impossible. C'est l'application de ces règles inflexibles qui donne naissance à la partie la plus importante, et comme travail et comme dépense, de la construction des voies de communication. Ainsi, pour faire passer à travers un pays une route, un canal, un chemin de fer, il faudra souvent combler les vallées, percer les montagnes, les abaisser, les niveler, exécuter enfin des déblais et des remblais, en un mot faire des *terrassements*.

A moins de cas très exceptionnels, la masse des terres à remuer pour la construction des routes n'est pas considérable. On n'emploie guère à ce travail que la brouette et le tombereau. La raison en est simple; les pentes d'une route de terre peuvent sans inconvénient s'élever à 3, 5, 8 et même 10 centimètres par mètre. Quant aux courbes, on admet très bien des rayons de 50 à 100 mètres.

Les canaux exigent de plus grands mouvements de terre. On rachète les pentes par des chutes ou écluses; mais entre deux écluses le plafond du canal doit être horizontal : en multipliant les écluses, on rachète des pentes considérables, et on peut par là éviter de grands terrassements : cependant les travaux de cette nature forment un article important de la dépense d'ouverture des canaux. Pour les courbes, on adopte celles qui permettent à un bateau de circuler avec aisance, sans endommager les berges : les dimensions de ces bateaux varient avec la section du canal, et par suite on peut admettre des courbes d'un rayon moindre sur les canaux à petite section que sur ceux à grande section.

Les conditions du tracé des chemins de fer sont, pour ainsi dire, absolues; c'est-à-dire que leur exploitation exige des pentes faibles et des courbes de grand rayon : horizontalité et alignements droits, tels sont les termes de la perfection pour le tracé de ces nouvelles voies de communication. On conçoit que pour satisfaire à ces conditions, il soit nécessaire de faire des déblais et des remblais énormes; aussi est-ce depuis qu'on a commencé ces grands travaux que les idées des ingénieurs et des inventeurs se sont tournées vers la recherche des moyens propres à accélérer le maniement des terres et à diminuer la dépense qu'il entraîne. A Paris, ces recherches ont trouvé un stimulant dans l'entreprise des fortifications qui entourent la capitale et qui ont dû être exécutées dans un espace de temps très limité. Cependant nous devons nous hâter de dire que l'érection des fortifications n'a permis d'étudier qu'une face de la question, puisque dans ces travaux, on se borne en général à creuser un fossé dont les terres sont déposées en cavalier, soit du côté de l'escarpe, soit du côté de la contre-escarpe. Tandis que les terrassements de canaux et de chemins de fer comprennent non seulement le déblaiement des terres en un point donné, mais encore leur transport à des distances plus ou moins considérables.

Pour donner à nos lecteurs une idée de l'importance des travaux de terrassements que nécessitent les chemins de fer et de la dépense qu'ils occasionnent, nous avons réuni quelques chiffres pris tant en France, qu'en Belgique et en Allemagne. Quant à la dépense, nous donnons un premier tableau qui comprend le prix qu'ont coûté les terrassements par kilomètre, et le prix total du kilomètre, y compris même le matériel. Il eût été mieux de dégager le chiffre qui représente la construction proprement dite; mais nous n'avons pas trouvé dans les ouvrages que nous avons consultés des renseignements assez certains pour pouvoir présenter avec confiance les résultats de ce travail. Disons seulement que nous avons pu constater qu'en général la dépense des terrassements est à peu près les *trois cinquièmes* de la dépense des travaux d'art et des terrassements réunis. Ainsi, si cette dépense monte à 100.000 fr., 60.000 fr.

Digitized by Google

auront été consacrés aux terrassements et 40.000 fr. aux travaux d'art. On comprend que cette évaluation n'est qu'approximative et qu'elle peut varier avec la conformation du sol des contrées sur lequel on doit poser la voie de fer.

NOMS DES CHEMINS.	COUT d. terrassements par kilomètre.	COUT TOTAL d'un kilomètre.	
	f.	f.	c.
Paris à Orléans. . . .	62.000	368 500	»
Montpellier a Nîmes. .	35.119	288.000	»
Lille a la frontière de Belgique.	105.094	484.000	»
Dijon a Châlons. . . .	63.670	»	»
Orléans à Tours. . .	33.184	»	»
Id. à Vierzon. . .	63.500	»	»
Chemins belges. . . .	57.000	244.723	»
Grand-Duché de Bade.	32.545	182.407	»
Munich à Augsbourg.	31.000	139.661	54
Nord (de l'empereur Ferdinand).	18.000	121.075	20
Berlin à Francfort. .	12.000	116.495	45
Id. à Stettin. . . .	16.200	97.150	83
Id. à Potsdam. . .	18.600	194.032	78
Id. à Anhalt. . . .	18.200	109.253	27
Saxon-Bavarois. . . .	36.000	144.455	15

On remarque une grande différence de coût des terrassements entre les chemins français et belges et les chemins allemands. On trouvera une des raisons de cette différence dans le prix auquel est payée la journée de terrassier.

En France elle se paye moyennement. . . . . 2f à 3f

Elle a coûté :

Sur le chemin de Bade de. . . . . 1f,18c à 1f,58c
— de Nürenberg à Fürth de. . 0f,72 à 1f,07
— de la Haute-Silésie. 0f,75
— Rhénan. 1f,50
— de Dusseldorf à Elberfeld. . 1f,25
— de Berlin a Stettin (à la tâche). 1f,50

Pour faire connaître le cube des terres que l'on a dû remuer sur un certain nombre de chemins de fer, nous avons réuni dans un second tableau le cube total des terrassements de certaines lignes dont nous donnons le développement en kilomètres, et nous en avons tiré le cube par kilomètre et par mètre courant de chemin.

NOMS DES CHEMINS.	Longueur en kilomètres.	Cube total des terrassements	Cube par kilomètre.	Cube par mètre courant
		m. c.	m. c.	m. c.
Lille à la frontière de Belgique. . .	15	1.101.000	73.400	73,40
Rouen au Havre. .	91	4.895.338	53.795	53,79
Paris a Aisy. . . .	235	10 282.324	43.754	43,75
Orléans a Vierzon.	81	3.438.571	42.451	42,45
Dijon à Châlons. .	68	2.563.754	37.702	37,70
Paris à Amiens. .	148	5.200.000	35.135	35,13
Amiens a Lille et à Valenciennes. .	162	4.822.000	29.765	29,76
Orléans à Tours. .	115	3.120.000	27.130	27,13

Sur les chemins de fer de Dijon à Châlons et d'Orléans à Vierzon, le prix des terrassements a été de 1 fr. 48 c. par mètre cube; sur celui d'Orléans à Tours, 1 franc 23 c.; sur celui de Lille et de Valenciennes à la frontière de Belgique, 1 fr. 44 cent.

Les résultats que nous venons de donner suffisent pour faire comprendre tout l'intérêt qui s'attache aux manœuvres ayant pour but de mener rapidement et au meilleur marché possible les travaux de terrassements.

Les opérations que nécessite le maniement des terres sont au nombre de trois : 1° le piochage; 2° le chargement; 3° le transport.

Généralement dans les devis on ne sépare pas le piochage du chargement ou du jet à la pelle soit horizontal, soit vertical, dans une brouette ou dans un tombereau. Dans les terres ordinaires, sable, gravier ou terre meuble, on ne se sert pour le piochage que d'un seul instrument, la *pioche*. Lorsqu'on a à faire une excavation assez profonde, on emploie une méthode très expéditive, qu'on nomme *abattage*. Voici en quoi elle consiste : lorsque la tranchée a déjà une certaine profondeur, les ouvriers attaquent la terre par le pied de la masse à enlever. Ils la creusent en dessous, de manière à ce qu'elle ne se soutienne plus que par les deux points extrêmes et par la cohésion. On plante à une certaine distance du bord deux ou trois forts pieux, armés d'une pointe en fer et frettés par le haut qu'on enfonce à coups de masse. Bientôt toute la partie sous laquelle on a excavé tombe dans la fouille et l'on n'a plus, pour ainsi dire, qu'à opérer le jet à la pelle, à cause de l'ameublissement de la terre ainsi entraînée. On peut renverser de cette manière des masses de 20 à 30 mètres cubes à la fois.

Un atelier, organisé pour le travail de *fouille* et *charge*, doit se composer d'un certain nombre de piocheurs et de pelleteurs. Le rapport qui existe entre le nombre de piocheurs et de pelleteurs varie suivant la nature du terrain : dans le genie militaire on désigne une terre par le nombre de piocheurs nécessaires pour fournir à un pelleteur : ainsi une terre *à un homme* désigne un piocheur pour un pelleteur; une terre *à deux*, *à trois hommes* indique qu'il faut deux, trois piocheurs pour un pelleteur.

Dans les terres difficiles entremêlées de lits de pierre ou de roche, on se sert de la *pince* et même quelquefois de la poudre.

Un piocheur peut, dans une terre ordinaire et en travaillant dix heures par jour, faire de 8 à 12 mètres cubes; s'il travaille dans une terre déjà fouillée (c'est ce qui arrive lorsqu'on fait rejeter dans la fouille la terre déblayée primitivement) il peut piocher de 20 à 25 mètres cubes.

Un pelleteur peut dans le même temps jeter 20 mètres cubes, soit à 3 mètres horizontalement, soit à 2 mètres verticalement sur banquette, soit enfin dans une brouette ou un tombereau.

Lorsque le piocheur doit faire usage de la pince, il ne produit plus que 2 à 3 mètres cubes de déblai par jour.

On a cherché à simplifier, à opérer mécaniquement la fouille et la charge des terres ordinaires : nous aurons occasion d'y revenir à la fin de cet article.

Les transports de terres se font soit à la brouette, soit par tombereau, soit au moyen de chemins de fer et de wagons traînés par des chevaux ou par des locomotives.

On a vu à l'article CHEMIN DE FER que dans les terrassements, pour une distance :

de 50 à 400 mèt. on emploie les brouettes;
de 400 à 500 mèt. on emploie les tombereaux;
de 500 à 2.000 mèt. on emploie les chemins de fer et les chevaux;
de 2.000 mèt. et plus on emploie les chemins de fer et les locomotives.

Nous allons passer en revue ces divers modes de transport.

Digitized by Google

Transport à la brouette. La brouette consiste en une caisse rectangulaire en bois, soutenue par une roue placée à son extrémité antérieure et par deux pieds placés à l'aplomb de la paroi postérieure; les châssis latéraux se prolongent de manière à former deux brancards entre lesquels se place l'ouvrier. La forme de la caisse de la brouette terrassière française est presque rectangulaire; la jante de la roue est large et plate. L'homme qui soulève les brancards et pousse la brouette devant lui, supporte à peu près 1/5e de son poids. On a cherché à répartir différemment la charge, de manière à ce que l'homme n'ait qu'à maintenir l'équilibre pendant la marche; mais on ne parvient à soulager l'ouvrier qu'en rendant la manœuvre du déchargement de la brouette plus difficile et même en diminuant l'espace réservé à la charge; aussi on a dû y renoncer. Nous trouvons cependant dans le *Portefeuille de l'Ingénieur de chemins de fer*, par MM Perdonnet et Polonceau, une note de M. Brabant sur les brouettes françaises comparées aux brouettes anglaises, que nous croyons devoir citer. La comparaison porte principalement sur l'application de la brouette au chargement des wagons de terrassement; mais nous pouvons dire que la brouette anglaise a une supériorité certaine non seulement dans ce cas, mais pour tous les autres usages des terrassements.

« La brouette étant l'appareil dont l'usage est le plus fréquent pour le transport des terres, beaucoup d'ingénieurs l'ont étudiée et ont cherché à la modifier en variant la position de la charge par rapport à celle de la roue, en augmentant le diamètre de la roue, en allongeant les brancards. Ces modifications ont eu peu de résultats, les ouvriers ont toujours préféré la brouette terrassière ordinaire..... Afin de fatiguer moins l'homme qui pousse la brouette, nous avons dit que quelques personnes avaient cherché à rapprocher de la roue le centre de gravité de la charge. Ce système serait avantageux dans le cas où on roulerait sur un plancher parfaitement résistant, uni et horizontal; mais dans les travaux les circonstances sont toutes différentes, et si le sol cède sous la charge de la roue, ou qu'un léger obstacle se présente, l'homme, qui ne peut exercer qu'un faible effort dans le sens horizontal, se trouve arrêté et ne peut vaincre l'obstacle; il préfère donc avoir sur les bras une plus forte partie de la charge, et dégageant ainsi sa roue, l'empêcher de s'enfoncer dans le sol, en général peu résistant, sur lequel elle s'appuie, ou lui permettre de surmonter plus facilement les obstacles que lui présente un chemin inégal et toujours couvert des terres et pierres tombées aux voyages précédents. Ajoutons encore que les charges étant ordinairement conduites en montant, la charge de la roue est encore un désavantage, car dans ce cas, on voit toujours l'ouvrier qui pousse une brouette se baisser pour amener la charge sur ses bras, dégager la roue, et exercer son effort le plus possible parallèlement au plan qu'il gravit.

« On peut donc considérer la charge de la brouette ordinaire comme bien placée par rapport à la roue, dans notre brouette terrassière, et ce n'est pas là qu'est l'inconvénient que présente cet appareil pour les travaux au moyen de wagons.

« Lorsqu'on exécute des travaux de terrassement par le moyen de chemins de fer, une fois la voie placée, il faut y amener les terres, ce qui se fait au moyen des brouettes. Il est donc convenable de pouvoir décharger directement de la brouette dans le wagon, sans quoi on a un jet de plus à effectuer pour toutes les terres ainsi déblayées; tandis qu'une fois les brouettes chargées, il est parfaitement indifférent sous le rapport de la dépense de les décharger auprès du wagon ou dans le wagon même.

« Cependant la brouette française ne peut pas se décharger sans se retourner presque complétement, ce qui nécessite que l'homme qui la conduit soit placé de manière à pouvoir faire ce mouvement, c'est-à-dire sur un espace très large. Dès lors, il faut, pour décharger de la brouette dans le wagon, établir au-devant de ce dernier un plancher, très lourd par suite de l'étendue qui lui est nécessaire, et dispendieux à changer de position; en sorte qu'en définitive, on préfère ordinairement déposer les terres près du wagon et charger à la pelle, ce qui occasionne une dépense considérable et fait souvent perdre en grande partie l'avantage des terrassements au moyen des wagons.

« En Angleterre, on emploie pour les terrassements une brouette dont les parois sont très évasées et les côtés très inclinés et n'ayant qu'une faible saillie sur le fond. Quant au centre de gravité de la charge, il se trouve placé, relativement à la roue et aux extrémités des brancards, exactement de la même manière que dans la brouette française. De cette disposition il résulte : 1° que le centre de gravité de la charge se trouve situé beaucoup plus bas, relativement aux brancards, que dans la brouette française, ce qui la rend plus stable et plus facile à conduire; 2° que le contenu peut être déchargé en inclinant la brouette sous un angle de 45 degrés, ce qui peut se faire en laissant la brouette porter toujours sur la roue, et sans que l'homme se déplace et se dessaisisse des brancards, de telle sorte que ce déchargement peut s'effectuer très promptement et par un ouvrier placé sur une planche très étroite. Le déchargement dans le wagon se fait dès lors avec la plus grande facilité, en plaçant au-dessus un simple madrier.

« Quant à la capacité de la brouette anglaise, elle est la même que celle de la brouette française. Cependant, en général, on la charge davantage sans que pour cela le roulage en soit plus difficile. Cela résulte des dispositions suivantes :

« La roue, qui est du même diamètre que celle employée en France, est en fonte au lieu d'être en bois. Son moyeu est terminé en pointe et lui sert d'axe, la jante n'a que 0m,025 d'épaisseur, et est terminée par une surface arrondie, tandis que dans la brouette française elle est large de 5 centimètres et plate. La brouette anglaise, avec cette roue de fonte, ne peut rouler que sur des planches. Mais sa roue étroite et à jante courbe écarte devant elle la terre et les pierres qui se trouvent sur son passage, et le roulage devient dès lors doux et facile. Dans la brouette française, au contraire, la jante de la roue étant large et plate, forme devant elle un bourrelet de terre et de pierres sur lequel elle monte, et qui, s'opposant à son mouvement, exige de la part de l'ouvrier des efforts très considérables et force à diminuer la charge qu'il conduit. »

Tout travail peut être ramené, comme point de comparaison, à un poids élevé à une certaine hauteur. Si l'on prend pour unité de la quantité d'action, 1 kilogr. transporté à un mètre, on trouve par expérience que la quantité de travail utile fournie par un homme, travaillant dix heures par jour, marchant à une vitesse de 50 centimètres par seconde, et transportant 60 kilogr. de terre dans une brouette qu'il ramène à vide, est de 1.080.000 kilogrammetres. De ces nombres et du poids d'un mètre cube de terre, on peut facilement déduire la longueur du *relais* du transport à la brouette, pour enlever dans la journée une quantité donnée de terre. Ainsi, supposons qu'un piocheur fournisse 12 mètres par jour, le mètre cube pesant 1.820 kilogr., la longueur du relais sera d'environ 30 mètres. C'est à ce chiffre qu'on fixe le plus ordinairement cette longueur. Pour le transport vertical, on établit des rampes inclinées au dixième ou au douzième. La longueur des relais est alors de 20 mètres environ.

La formule dont on se sert, dans le génie militaire,

Digitized by Google

pour déterminer le nombre N de relais à parcourir, en admettant 1m,60 pour la hauteur verticale que rachète chaque rampe, est

$$N = \frac{H}{1.60}\left(\frac{D - \frac{H}{1.60} \times 20}{30}\right)$$

dans laquelle D représente la distance horizontale des centres de gravité du déblai et du remblai, et H la différence de niveau entre ces deux points. N ne peut jamais être moindre que $\frac{H}{1.60}$.

Nous trouvons dans l'ouvrage de M. Carl Etzel, sur l'organisation des grands chantiers de terrassements, des renseignements précieux sur le mode le plus convenable à employer pour disposer les ateliers de transport à la brouette.

Ainsi, pour attaquer un déblai, on divise la profondeur de la tranchée, parallèlement à la surface du chemin de fer, en tranches de 3 à 4 mètres de hauteur, et en longueur en parties de 30 mètres, sur chacune desquelles on établit un atelier. Quand la première tranche est enlevée, on attaque la seconde, en ménageant une rampe en sens inverse, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on parvienne au fond de la tranchée. Les rampes ont généralement 1m,50 de largeur, et le sommet de la rampe inférieure est séparé du pied de la rampe supérieure par un palier de 3 mètres environ. Elles doivent toujours être munies de planches bien propres, ou sur lesquelles, lorsqu'il pleut, on jette des cendres ou des décombres pour empêcher les travailleurs de glisser. Quand les rampes sont accolées deux à deux, on laisse également 3 mètres de distance entre leurs sommets.

Pour former un remblai, on y arrive par une suite de rampes qui, à mesure qu'elles approchent du couronnement du remblai, diminuent de largeur. Ces rampes doivent être disposées de manière que leur largeur, de 1m,50, se trouve moitié dans le profil définitif du remblai, moitié en dehors de ce profil, et que l'excédant de terre formant la saillie des rampes sur le talus définitif, compense ce qui manque au-dessus de la moitié intérieure, lorsque l'on dresse les talus.

Pour réduire au minimum les transports horizontaux, qui dans cette méthode sont presque entièrement perdus pour le résultat utile et définitif qu'on se propose, on emploie avantageusement des moyens mécaniques pour le transport vertical.

Après avoir commencé l'exploitation d'une tranchée au moyen d'une brouette, tant que le transport peut s'opérer sur des rampes accessibles, *perpendiculairement à l'axe de cette tranchée*, on établit dans l'inclinaison du talus de la tranchée, et perpendiculairement à son axe, de distance en distance, des plans inclinés sur lesquels le transport est continué par des chevaux.

Ces plans inclinés sont de diverses sortes, suivant qu'ils doivent recevoir des brouettes ou des wagons. Pour les brouettes, on établit deux voies en fortes planches, terminées par un plancher horizontal et espacées de 3 mètres. Dans l'axe de chacune des voies on place des poteaux munis de poulies, l'une en haut et l'autre en bas, au niveau du plancher; la corde qui passe sur les poulies d'un poteau est dirigée sur les poulies de l'autre au moyen d'un système de poulies de renvoi, de manière à ce qu'un cheval placé au bas du plan incliné puisse, par cette corde continue, enlever une brouette pleine et faire descendre en même temps une brouette vide.

Si l'on veut se servir de petits wagons, on substitue une voie de fer aux planches et on fait remonter ou descendre les wagons par un cheval. D'autre fois, et pour des tranchées considérables, on emploie une machine fixe à la manœuvre des wagons.

Nous avons vu, aux fortifications de Paris, une manœuvre très simple pour enlever les terres du fossé au-dessus de l'escarpe. L'appareil consiste en un poteau avec des poulies. A une des extrémités de la corde, terminée par trois crochets, on attache une brouette qu'un cheval, attelé à l'autre extrémité, enlève rapidement au sommet du mur. Ces appareils sont toujours doubles, et placés à une distance telle l'un de l'autre que le cheval utilise l'aller et le retour. Cette méthode est expéditive et donne de bons résultats.

Transport au tombereau. Nous n'avons rien de particulier à dire sur ce mode de transport, qui se substitue à la brouette quand le nombre des relais devient trop considérable. Pour décider à quelle distance l'usage de la brouette est plus coûteux que celui du tombereau, il faut connaître les prix (qui varient suivant les localités) de la journée d'un rouleur et de celle d'un tombereau attelé d'un, deux ou trois chevaux. Une brouette porte environ 4 centièmes de mètre cube; un tombereau à un cheval 37 centièmes, et à deux chevaux 80 centièmes de mètre cube. Un cheval transportant des matériaux, marchant à une vitesse de 1m,10 par seconde, et revenant à vide, produit dans la journée de dix heures 15.120.000 kilogrammètres. En général, pour les distances plus grandes que trois relais, il y a plus d'avantage à employer le tombereau que la brouette.

Transport par wagons sur chemins de fer. Nous diviserons, comme l'a fait M. Etzel, le travail du transport par wagons en trois périodes, savoir : le chargement des wagons, leur transport et leur déchargement. Le but de ce mode de terrassement est de compenser les déblais et les remblais, ou de faire servir les terres extraites d'une tranchée à former le remblai en avant ou en arrière de cette tranchée.

« La première condition à observer dans l'exploitation d'une tranchée, dit M. Etzel, est de donner au travail le front le plus étendu possible, afin d'obtenir un résultat suffisant dans un délai donné. On y arrive, d'une part, pour un déblai d'une profondeur très considérable, en le divisant en plusieurs couches ou assises, dont chacune est exploitée au moyen d'un système de voies de terrassement; d'autre part, par la disposition particulière de ces voies de terrassement, qui n'est pas la même lorsque l'on peut employer aux travaux de terrassement des rails fabriqués exprès pour cet usage, ou lorsqu'on est obligé de se servir de rails définitifs. »

Nous nous bornerons à citer quelques exemples d'organisation des travaux au point de *chargement*.

Soit une tranchée à exploiter : on commence par enlever à la fois tout le profil de la tranchée, au moyen de brouettes et de tombereaux. Dès qu'on a gagné la longueur nécessaire pour l'emplacement d'un système de voies de terrassements, on pose sur le fond de la tranchée quatre voies parallèles à l'axe de cette tranchée, et espacées de 3 mètres d'axe en axe; toutes ces voies se réunissent du côté du remblai à faire en une seule, qui se divise immédiatement après en deux. Le mode le plus simple pour le travail serait de placer un wagon sur chaque voie, les quatre wagons avançant parallelement et chacun enlevant la partie du profil qui se trouverait devant lui; mais il ne serait pas le plus avantageux, parce que le nombre des wagons qui pourrait être chargé à la fois serait trop restreint. On préfère pousser en avant les deux voies du milieu, qui enlèvent en l'attaquant de côté l'espace sur lequel doivent être avancées les deux voies extrêmes. On parvient ainsi à donner au front du travail un développement convenable, et à placer jusqu'à seize wagons qu'on charge simultanément. On ne peut cependant augmenter indéfiniment le nombre des wagons en chargement, à cause des manœuvres nécessaires pour les conduire à la décharge. Les wagons, dès qu'ils sont chargés, sont pris par des chevaux

Digitized by Google

et menés par différents changements de voie dans une voie de garage ; les chevaux ramènent immédiatement des wagons vides et vont reprendre les wagons pleins pour la décharge. A mesure que l'étendue de la tranchée augmente, on reporte en avant les changements de voie, pour perdre le moins de temps possible dans la manœuvre de la substitution des wagons vides aux wagons pleins.

Lorsque la profondeur d'une tranchée est peu considérable et sa longueur importante, on peut commencer son exploitation en plusieurs points, en établissant à la surface du terrain deux voies de transport sur les bords et tout le long de la tranchée à exploiter. Puis on attaque à des distances de 200 mètres environ des tailles qui descendent jusqu'au niveau du chemin. Dès qu'on a l'espace suffisant, on établit une voie dans le fond de la tranchée, et l'on continue comme nous l'avons dit plus haut.

Si la profondeur de la tranchée est considérable, on la divise en deux ou trois couches parallèles de 4 à 6 mètres d'épaisseur, et on les attaque, soit simultanément, soit successivement. Mais les assises supérieures étant très larges, il faut un plus grand nombre de voies de terrassement.

Les manœuvres nécessaires pour remplacer les wagons pleins par des wagons vides entraînent toujours une grande perte de temps, et il est de la plus haute importance de développer convenablement le front de chargement pour que cette perte soit un *minimum;* nous renvoyons pour cette partie à l'ouvrage de M. Etzel. Ces manœuvres, du reste, changent ainsi que le mode de chargement, quand on doit se servir des rails destinés aux voies définitives, au lieu de rails fabriqués exprès pour ce genre de travaux, les dimensions des premiers n'admettant que des courbes d'un assez grand rayon. Dans ce cas, en effet, la longueur totale du système d'embranchement deviendrait trop considérable, le déplacement des voies trop difficile ; aussi, le cube à enlever dans un certain délai étant donné, on détermine le nombre de wagons nécessaires, et on les place tous à la suite les uns des autres sur une des voies du fossé qu'on a ouvert à profondeur. Le chargement a lieu au moyen de brouettes qu'on vide directement dans le wagon ou à la pelle.

On conduit les wagons à la *décharge*, soit avec des chevaux, soit avec des locomotives, suivant la distance à parcourir. On verra, par un tableau que nous donnons plus loin, à quelle distance il est préférable de se servir de locomotives. Quand on se sert d'une machine, il suffit d'une seule voie de transport, posée avec tout le soin possible et partagée à chaque extrémité en deux voies, sur une longueur suffisante au stationnement d'un nombre de wagons proportionné à l'étendue des ateliers établis aux points de chargement et de déchargement : on en règle le nombre par la condition que le temps nécessaire à leur chargement à l'une des extrémités et à leur déchargement à l'autre soit égal au temps que met la locomotive à faire le double voyage qui sépare ces deux points.

Pour le transport par les chevaux, on établit deux voies dont l'une est destinée exclusivement à la circulation des wagons vides, et l'autre à celle des wagons pleins : car les trains conduits par des chevaux étant composés d'un plus petit nombre de wagons et allant avec beaucoup moins de vitesse que les trains remorqués par une machine locomotive, on est forcé, pour apporter au service l'activité nécessaire, de faire partir un ou plusieurs trains, sans attendre le retour des trains précédents.

Lorsque la tranchée est exploitée en deux assises, on raccorde la voie de l'assise supérieure à celle de l'assise inférieure, pour parvenir au point de déchargement, au moyen d'une pente. Quand cette pente est faible, on la franchit, soit par des chevaux, soit même par la locomotive. Lorsqu'elle est trop forte, on établit un *plan incliné automoteur*, sur lequel le poids d'un train de wagons chargés descendant, est employé à remonter un train de wagons vides. Nous ne nous étendrons pas sur la manière dont est organisé le service des plans automoteurs. Les parties principales sont un tambour supérieur sur lequel s'enroule une corde dont chaque extrémité est attachée à un train montant ou descendant : cette corde est soutenue dans son trajet par la gorge de poulies placées de distance en distance.

Les retards dans les travaux d'un chantier de terrassement sont presque toujours causés par une organisation insuffisante du travail sur le point de déchargement ; on doit donc attacher la plus grande importance à le disposer de manière à pouvoir opérer la décharge d'un train de wagons dans le temps nécessaire à la charge d'un nouveau train. Il y a deux différents procédés pour atteindre ce but. On peut donner au remblai immédiatement toute sa largeur, en employant un rang de wagons placés perpendiculairement à l'axe du remblai et versant par devant. Dans ce cas les voies de déchargement se réunissent en une seule en arrière, qui se partage immédiatement en deux, l'une pour les wagons pleins, l'autre pour les wagons vides. Quand le remblai est considérable on le forme en deux assises. Mais on a reconnu par la comparaison des divers systèmes employés pour le déchargement : 1° Que la quantité de travail fourni augmente dans une proportion beaucoup plus faible que le nombre des voies de déchargement ; 2° que la perte de temps causée par une grande distance du point de stationnement des wagons destinés à la décharge à l'extrémité de la voie de déchargement, et par le déplacement d'un système de voies très compliqué, peut l'emporter sur l'avantage résultant de l'établissement d'une voie de déchargement de plus.

On a été conduit par cette considération à un second procédé imaginé par M. Clapeyron, pour les travaux de terrassement du chemin de fer de Saint-Germain, et qui permet de simplifier beaucoup le système de voies en réduisant le nombre des embranchements. Il consiste à pousser la formation du remblai sur la largeur d'une seule voie avec une grande rapidité en avant, au moyen d'un échafaud mobile, et à compléter le reste de la largeur du remblai par deux simples voies de déchargement.

Cet échafaud mobile a reçu le nom de *baleine* : c'est une poutre armée qui porte un chemin de fer sur lequel on place les wagons de terrassement qu'on vient de vider à l'extrémité d'un remblai en voie d'exécution. La baleine pose par une de ses extrémités sur le remblai et par l'autre sur un système de charpente qui lui-même est assis sur un petit chariot. Ce chariot est placé sur un petit chemin de fer auxiliaire établi sur le terrain au pied du remblai et que l'on enlève d'un bout, tandis qu'on le prolonge de l'autre, lorsque le remblai avance. Un wagon de terrassement étant vidé à l'extrémité du remblai, dans l'espace que laissent entre elles les deux branches parallèles de la baleine ; on le pousse à l'extrémité antérieure, on en fait autant pour le second et l'on continue jusqu'à ce que la baleine soit couverte de wagons vides. Un seul cheval les enlève alors et les reconduit au point de chargement.

On fait marcher la baleine en avant en faisant rouler le chariot qui la suppporte, et en poussant la partie qui pose sur le remblai au moyen de crics et de pinces.

Le déchargement des wagons avec des baleines se fait plus rapidement qu'avec des voies d'évitement. Ainsi, sur les grandes baleines employées aux chemins de Saint-Germain et de Versailles, vingt-quatre ouvriers déchargeaient dix wagons en quatre minutes : mais ces baleines coûtent 4.500 fr. et exigent des réparations

Digitized by Google

assez dispendieuses. Au chemin de Versailles (rive gauche), dans des circonstances à la vérité très favorables, l'on a déchargé, par jour d'un travail effectif de 15 heures, sur deux grandes baleines placées d'un seul côté de la tranchée, jusqu'à neuf cents wagons de la contenance de 1$^{mc.}$ 1/2, ce qui fait un volume de 1.350$^{mc.}$

Au chemin fer de Lille, à la frontière de Belgique, l'on s'est servi de petites baleines de 12^{m} de long et de 6^{m} de hauteur qui ne coûtaient que 300 fr., et qui ont rendu de très bons services. Avec ces baleines, douze ouvriers déchargeaient cinq wagons en six minutes. Le nombre des wagons déchargés sur chaque baleine était ordinairement de vingt par heure, ou un par 3 minutes. En 1842, on a déchargé sur quatre petites baleines, par jour de 24 heures d'un travail continu, neuf cents wagons de la contenance de 1$^{mc.}$ 1/4, ce qui fait un volume de 1.125$^{mc.}$.

La hauteur des remblais que l'on peut faire avec des baleines est de 2 à 9^{m}.

En résumé, M. *Brabant* qui a fait d'importants travaux de terrassement au chemin de la rive gauche et au chemin de Lille, pose les principes suivants pour le déchargement :

1° Faire usage des baleines toutes les fois que les accidents de terrain ne sont pas trop brusques, quand la hauteur des remblais dépasse 3^{m} et que le cube a quelque importance;

2° Proportionner les baleines à la hauteur et aux cubes des remblais à faire;

3° Décharger sans baleine avec évitement dans les remblais de peu d'importance, quand la hauteur est au-dessous de 2 ou 3^{m}, ou que le terrain est semé d'accidents fréquents qui donnent lieu à des tranchées et à des remblais dont les hauteurs varient brusquement, mais dont les volumes ne sont pas considérables;

4° Enfin, décharger sans baleine et sans évitement, quand il s'agit seulement d'élargir un cavalier déjà formé, parce qu'alors ce rélargissement peut se faire d'une manière très prompte, avec de longues files de wagons de côté.

Nous ne pouvons mieux terminer cet article qu'en donnant à nos lecteurs un tableau, calculé par M. Brabant, et qui comprend les frais de terrassement de toute nature ; tels que fouille, charge, transport, déchargement, régalage, frais de matériel et faux frais. Les chemins sont supposés horizontaux. Les prix des déblais transportés au wagon résultent de séries de prix établis d'après les travaux exécutés à la tranchée de Clamart. (Nous devons dire qu'on a sacrifié dans ces travaux l'economie à la célérité). Pour les transports au tombereau, on a supposé que le tombereau attelé de deux chevaux avec son conducteur coûtait 14 fr. par jour de 10 heures, que le temps perdu à la charge et à la décharge était de 1/10 de jour, que sur un chemin en terre deux chevaux peuvent traîner 0,80$^{mc.}$ de terre et parcourir 36000^{m} par jour; enfin, que sur une route bien entretenue, deux chevaux traîneront 1$^{mc.}$ de terre et parcourront 36000^{m} également par jour. (Voir ce tableau ci-contre.)

Tableau de comparaison du prix de revient pour déblais transportés sur des chemins horizontaux.

DISTANCE des transports.	TRANSPORTS au tombereau sur		TRANSPORTS en wagons traînés par	
	des chemins de terre.	des routes entretenues.	des chevaux.	des locomotives.
	f.	f.	f.	f.
1000 mètr.	2.2195	1.7580	2.3085	2.3808
1500 —	2.7955	2.1470	2.5420	2.5783
1600 —	2.9107	2.2248	2.5887	2.6174
1700 —	3.0259	2.3026	2.6354	2.6565
1800 —	3.1411	2.3804	2.6821	2.6956
1900 —	3.2563	2.4582	2.7288	2.7347
2000 —	3.3715	2.5360	2.7755	2.7738
3000 —	4.5235	3.3140	3.2425	3.1648
4000 —	5.6755	4.0920	3.7095	3.5508
4500 —	6.2515	4.4810	3.9430	3.7513
4600 —	6.3667	4.5588	3.9897	3.7904
4700 —	6.4819	4.6366	4.0364	3.8295

Machines diverses employées aux terrassements. Nous avons dit que la fouille des terres s'exécute le plus généralement avec la pioche. Cependant on a proposé de fouiller mécaniquement le sol. Parmi les machines essayées, nous citerons celle de M. *Cochrane*, connue sous le nom d'*excavateur américain*, et celle de M. *Boutan*.

L'excavateur se compose d'une machine à vapeur établie sur un bâti qui peut avancer par la force même de la vapeur, d'une grue en bois ou en fonte et d'une énorme pelle armée de dents en fer. Cette pelle est mue par des chaînes qui vont d'un treuil, fixé à la machine, passer sur les poulies de la grue et agir à différents points de la caisse de la pelle : l'une de ces chaînes est destinée à forcer la pelle à s'enfoncer en terre, et les autres à la soulever et à la transporter lorsqu'elle est pleine. Lorsqu'elle est amenée au-dessus du terrain à creuser, on lâche un déclic et elle tombe de tout son poids sur la terre où ses dents s'enfoncent : la machine à vapeur agit alors sur une chaîne qui traîne obliquement la pelle, de manière à ce qu'elle se remplisse, puis les autres chaînes l'enlèvent, la grue tourne sur son pivot et la pelle se décharge dans les wagons. Cette machine a été employée au chemin de fer du Nord, à celui du Havre et à celui de Tours.

La machine de M. *Boutan* consiste simplement dans l'application de la charrue à la fouille des terres. Cette charrue attaque le terrain par bandes parallèles et suivant la section que l'on veut donner à la tranchée. Elle est mue par un manége ; au fond de la tranchée on place des wagons dans lesquels tombe la terre que la charrue a fouillée : on voit que cette machine exécute simultanément la fouille et la charge. M. Boutan a aussi employé pour enlever les terres fouillées par la charrue, une grande pelle à manches, qui, traînée sur le sol par un manége, se remplit et arrive ainsi jusqu'au remblai à former. Mais ces combinaisons n'ont pas eu le résultat qu'en espérait l'auteur.

Les machines destinées à enlever et à transporter les terres ont été nombreuses dans les fortifications de Paris; mais très peu ont réussi. Nous citerons seulement la méthode employée au bois de Boulogne. On remplissait dans le fossé de petits wagons qui étaient enlevés par un manége à la hauteur du mur d'escarpe. Là, les wagons étaient placés sur un petit chemin de fer formé d'une seule file de rails. Ce chemin consiste en longuerines sur lesquelles on fixe le rail à une certaine hauteur au-dessus du sol. Ces longuerines sont fixées à des poteaux montants : une poulie supporte la caisse du wagon au moyen d'un fléau en fer ou d'une tige coudée qui reporte le centre de gravité du système dans l'axe du chemin de fer. On conçoit que par cette méthode, on peut adopter des courbes d'un très petit rayon.

P. TOURNEUX.

TERRE CUITE. Voyez POTERIE.

THÉ. Le thé est la feuille desséchée d'un arbrisseau qui croît en Chine et dans les pays voisins ; on fait la récolte des feuilles deux ou trois fois par an. Avant de les livrer au commerce, on les immerge dans de l'eau bouillante pendant 1/2 minute, on les laisse égoutter, et lorsqu'elles sont presque sèches on les roule, soit entre les doigts, soit sur une plaque de métal convenablement chauffée. On termine ensuite la dessiccation dans une bassine chaude, en ayant soin d'agiter constamment.

Digitized by Google

Dans le commerce, on distingue les thés en thés verts et thés noirs ; on dit qu'ils sont *perlés* ou *poudre à canon*, suivant qu'ils sont roulés en grains plus ou moins gros. Les principales variétés de thés connues dans le commerce, sont, en commençant par les thés les plus communs :

En thés verts.	*En thés noirs.*
Thé Hayswen-Kine.	The Boa.
Thé Tonkay.	Thé Camphou.
Thé Hyson.	Thé Souchong.
Thé perlé.	Thé Campouy.
Thé poudre à canon.	Thé Pékao.
Thé Chulan.	Thé Ankay.
Thé impérial.	

Les thés verts ont une saveur astringente et piquante, une odeur forte ; ils sont très excitants et s'opposent au sommeil. Les thés noirs ont moins de force et sont moins aromatiques et moins excitants. L'infusion de thé se prépare ordinairement avec un mélange, à parties égales de thé vert et de thé noir.

THERMOMÈTRE. On nomme ainsi les instruments destinés à mesurer la température des corps. Celui généralement employé dans l'industrie (car nous n'avons pas à nous occuper ici du thermomètre à air employé seulement pour les recherches scientifiques) se compose d'un tube renfermant un liquide, ordinairement du mercure, quelquefois de l'esprit-de-vin. Par le contact du corps chauffé le liquide du thermomètre se dilate, et c'est la grandeur de cette dilatation qui est prise pour mesure de la température.

Cette notion du thermomètre fera facilement comprendre le but des précautions que l'on doit prendre pour sa construction, et que nous allons exposer en peu de mots :

Le thermomètre est formé d'un tube cylindrique, à l'extrémité duquel est soudé un réservoir contenant une quantité de liquide considérable, relativement à celle qui est renfermée dans le tube, dont le diamètre est très petit. Pour le remplir de mercure, on chauffe le réservoir et on plonge l'extrémité ouverte dans un vase renfermant du mercure chaud. A mesure que le réservoir se réfroidit, le mercure monte dans l'intérieur du tube, arrive dans le réservoir et le remplit en partie.

Retournant alors le tube, on chauffe le réservoir jusqu'à l'ébullition du mercure, dont la vapeur chasse l'air renfermé dans le tube ; le retirant subitement du feu on le retourne dans le mercure chaud, qui remplit l'appareil. Enfin, on chauffe encore, pour que le mercure se dilate assez pour atteindre l'extrémité du tube, qu'on ferme alors à la lampe.

Il ne reste plus qu'à graduer le thermomètre. Pour cela, on le plonge dans la glace fondante, et l'on marque le point où le mercure reste stationnaire ; c'est le zéro de l'échelle thermométrique. On le plonge ensuite dans l'eau bouillante, et l'on marque d'un trait le point où s'arrête la colonne de mercure ; ce point est l'autre extrémité de l'echelle. Dans le thermomètre centigrade, cette échelle comprend cent divisions (que l'on reporte au-delà des deux points extrêmes). Dans le thermomètre Réaumur, cet intervalle était divisé en 80 parties seulement ; 4 degrés Réaumur égalent donc 5 degrés centigrades.

Les Anglais emploient le thermomètre de Farhenheit, dont l'échelle diffère beaucoup de la précédente. Le zéro du thermometre centigrade correspond au 30e du thermomètre Farhenheit, et le degré 100 au 212e du même thermomètre. L'échelle au lieu d'être de 0 à 100° est donc de 32 à 212, c'est-a-dire divisée en 180 parties. Or, 180 : 100 :: 9 : 5, donc pour convertir un nombre de degrés Farhenheit en degrés centigrades, il faut en retrancher 32 et multiplier le résultat par 5/9.

Thermometres metalliques. On se sert quelquefois de la dilatation des métaux pour apprécier des températures élevées, sans chercher toutefois à les évaluer en degrés comparables à ceux du thermomètre centigrade. Nous parlons ci-après de cette application aux hautes températures ; mais disons d'abord quelques mots du thermomètre métallique de Bréguet, qui peut être employé pour les températures peu élevées.

Cet instrument se compose de trois bandes très minces de platine, or et argent, soudées ensemble et contournées en hélice. L'extrémité supérieure de cette hélice est fixée à une tige métallique ; l'autre porte une aiguille légère qui marche horizontalement sur un cadran. L'inégalité de dilatation fait tordre la bande métallique et, par suite, dérouler l'hélice. Les divisions du cadran indiquent le nombre de degrés.

Pyromètres. Les pyromètres métalliques se composent en général d'une barre d'argent ou de platine, plongée dans le foyer de chaleur et sortant à l'extérieur. Un levier coudé ajusté à une pièce peu dilatable, comme une bande de porcelaine cuite, sur laquelle butte l'extrémité de la barre métallique, est poussé par celle-ci et l'autre branche, indique sur un cadran l'effet produit. On a employé aussi un compas en platine, entre les branches duquel on place une barre qui, en se dilatant, repousse les deux branches.

Il est évident que de semblables instruments ne peuvent être que des moyens de reconnaître si on obtient la température convenable à une opération industrielle, et nullement de la mesurer. Aussi, le plus souvent, se guide-t-on par l'effet même de la température. Ainsi, pour apprécier si la température d'un four à porcelaine est convenable, on peut retirer de temps à autre des pièces d'essai, sur lesquelles on juge l'action de la chaleur.

Pyromètre de Wedgwood. Ce pyromètre est assez célèbre et assez fréquemment appliqué dans les fabriques de poteries pour que nous devions en parler. Sa construction repose sur la curieuse propriété de l'argile de se retirer par la cuisson, tant par la perte de l'eau qu'elle renferme, que parce qu'elle passe à un état moléculaire tout différent. Ayant donc un petit cylindre d'argile d'une dimension déterminée, si on le présente apres une exposition suffisamment prolongée dans le foyer de chaleur, à l'angle formé par deux règles de cuivre fixées sur une plaque de métal, il descendra d'autant plus vers le sommet de l'angle que la température aura été plus élevée, ce qui fournira le moyen d'apprecier celle-ci.

THERMOSTAT. Voyez RÉGULATEUR DU FEU.

TIRAGE. L'emploi industriel des combustibles est très loin, dans la pratique, de permettre l'utilisation complète de leur puissance calorifique. Prenons pour exemple un des cas les plus avantageux, celui du chauffage d'une chaudière à basse pression. L'expérience apprend que 1 kilogr. de houille y produit 6 kilogr. de vapeur, soit $650 \times 6 = 3900$ calories, tandis que la combustion *parfaite* de la houille en produit 7050. Il se produit donc une perte de 44 p. 100 dont la majeure partie est utilisée à déterminer le tirage, et la moindre est due au refroidissement du fourneau. Cette perte, nécessaire pour le tirage, qui s'élève à 50 p. 100 pour les chaudieres à haute pression, ne peut-elle être diminuée? Est-il dans beaucoup de cas un mode de tirage préférable à l'emploi des cheminées? Telle est la question que M. Grouvelle a traité dans un article intéressant publié en 1834, dans la *Revue Européenne*, et auquel nous empruntons la majeure partie de ce qui suit.

Nous ne nous occupons dans cet article que du tirage au point de vue de la meilleure utilisation possible du combustible dans les foyers où il est brûlé complétement. Quant aux fourneaux des usines métallurgiques qui dégagent souvent des quantités considérables de gaz combustibles, il est clair qu'il faut employer

Digitized by Google

ceux-ci à alimenter un nouveau foyer, comme il a été dit aux articles COMBUSTIBLES, FER, etc.

Passons en revue les procédés de tirage qu'il est possible d'employer suivant les cas.

Il y a quatre procédés bien distincts pour établir le tirage dans un fourneau :

1° Par la température élevée et la légèreté relative de l'air brûlé, dont une partie de la chaleur a été seulement utilisée;

2° Par la pesanteur relative de l'air brûlé et complétement refroidi;

3° Par la puissance d'un jet de vapeur;

4° Par les moyens mécaniques.

1° *Tirage par la fumée à moitié refroidie.* Ce procédé, le seul qui soit employé jusqu'à présent dans toutes les industries, a le défaut grave de nécessiter une perte considérable de combustible, sur laquelle les remèdes partiels appliqués n'ont eu que bien peu d'influence, car cette perte est la condition même de son existence.

Un bon tirage ne peut en effet être obtenu dans une cheminée qu'autant que les produits de la combustion conservent une température de 350° à 400°; il en résulte une perte de chaleur nécessaire et qu'on ne saurait éviter sans changer de système. Mais ce procédé est d'une application si facile, si éprouvée, si universelle, qu'il doit, dans la plupart des cas, servir de base au système de construction employé. En effet, partout, les appareils de chauffage établis ont été destinés à ce genre de tirage; et pour pouvoir être adoptée dans les ateliers, l'application des autres procédés ne doit pas exiger un changement complet qui serait trop difficile ou trop inquiétant.

C'est sur les modifications à apporter dans les principes et les proportions suivant lesquelles sont établis tous les fourneaux de ce système, qu'ont été dirigés les travaux et les recherches de tous les constructeurs. Il en est résulté des règles assez générales aujourd'hui, pour obtenir les meilleurs résultats possibles dans l'emploi des cheminées. (Voyez CHEMINÉE.)

2° *Tirage par l'air brûlé refroidi.* Ce procédé est très peu connu et n'a encore été l'objet que de tentatives partielles et de quelques résultats heureux de la part de M. d'Arcet. Cependant il peut avoir de très heureuses applications dans des circonstances déterminées, surtout en l'ajoutant à un autre procédé. Il présente en effet cette condition avantageuse, que, au contraire du procédé ordinaire dans lequel on obtient d'autant plus de tirage que l'on perd plus de chaleur, lui, par son principe même, n'admet aucune perte, et que le tirage y est d'autant meilleur que la chaleur développée dans le foyer a été mieux utilisée avant le dégagement de la fumée au dehors.

Avec le procédé ordinaire, il faut employer une quantité d'autant plus grande de chaleur à rendre la colonne d'air brûlé assez légère, pour un bon tirage, que cet air brûlé contenant environ un huitième ou un dixième de son volume d'acide carbonique, serait, à égalité de température, plus lourd que l'air extérieur non brûlé.

Mais dans le système dont il est ici question, c'est l'excès même de poids de l'air brûlé sur l'air frais, à température à peu près égale, que l'on emploie pour produire le tirage. En laissant donc tomber l'air brûlé, et complétement refroidi de l'étage supérieur d'un bâtiment dans une cheminée descendante, l'excès de poids de la colonne d'air brûlé rendu plus lourd par l'acide carbonique qu'il contient, déterminera le tirage, et entraînera une colonne d'air pur à travers le foyer, les appareils et les conduits destinés à absorber la chaleur.

On voit immédiatement qu'en disposant ces appareils, quand le travail à faire et les localités le permettent, de manière que la colonne d'air chauffé et brûlé par le foyer monte et courre ensuite horizontalement aussi longtemps qu'elle est plus légère que l'air extérieur, et qu'au moment précis où elle est assez refroidie pour devenir plus lourde, elle tombe dans la cheminée descendante, adossée au bâtiment, on aura toutes les conditions les plus avantageuses pour obtenir un excellent tirage, sans aucune perte de chaleur.

Dans ce procédé de tirage par l'air froid brûlé, la condition essentielle est de ne pas laisser monter la colonne d'air, dès qu'elle a acquis une densité égale à celle de l'air extérieur, et de ne pas la laisser descendre, avant qu'elle ait acquis cette densité ou une densité supérieure, parce que dans le premier cas, on chargerait inutilement la colonne d'air chaud, et l'on diminuerait sa force ascensionnelle : dans le second cas, on diminuerait le poids et la vitesse de la colonne descendante d'air froid, ce qui de toute façon ralentirait le tirage.

La température à laquelle l'air brûlé à moitié, tel qu'il sort ordinairement des foyers, a une densité égale à celle de l'air pur à 0°, est de 15° à 16° centigrades. Dans la plupart des fourneaux, l'air est plus qu'à moitié brûlé, ce qui le rend plus lourd encore.

Pour que le tirage soit bon, il faudra donc abaisser jusqu'au-dessous de ce point la température de la fumée.

Si la température extérieure de l'air atmosphérique est plus élevée que 0°, l'air sera plus léger, et alors même une différence de 15° entre la température de l'air brûlé et celle de l'air pur compensera l'excès de poids du premier sur le second. A ce degré, l'air, en y comprenant la quantité d'eau produite par l'hydrogène contenu dans le combustible, si le combustible est de la houille, emporte une quantité de chaleur égale seulement à 2 p. 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible.

Avec ce combustible, l'eau produite est encore facilement emportée en vapeur par l'air à 15°, sans qu'il y ait aucune condensation dans les conduits. Avec le bois, la perte sera de 3 p. 100, mais 2/3 de la vapeur produite se condenseront dans les tuyaux qui devront être disposés en conséquence; cette quantité condensée s'élèvera à près de 0^{k}, 400 environ par chaque kilogr. de bois. Si, au contraire, on voulait éviter cette condensation, il serait nécessaire de ne pas laisser descendre l'air brûlé au-dessous de 42° ou 43°, et la perte de la chaleur par la fumée s'élèverait alors à 12 p. 100 du combustible consommé. A cette température, il n'y aurait plus tirage de haut en bas, parce que l'air brûlé serait plus léger que l'air pur à 0°.

En pareil cas, il serait nécessaire de faire descendre le courant de fumée au dehors, dans un tuyau en tôle ou cuivre, placé autant que possible du côté du nord pour que la vapeur se condense, et l'air se refroidisse jusqu'à 10° ou 12° au moins pour produire le tirage.

Il serait mieux encore d'envelopper le tuyau d'une gaîne en bois dans laquelle on ferait passer de l'air dont on se servirait quand il aurait été ainsi échauffé, soit pour la ventilation des ateliers, soit pour fournir à un calorifère ou à un séchoir.

On voit que par ce moyen, si le bâtiment se trouve placé près d'une rivière sur laquelle on puisse jeter cette fumée, on évitera de la verser dans l'air, d'où elle porte souvent sur les terrains environnants des flocons de suie très fâcheux dans plusieurs industries, comme la fabrication des toiles peintes. On pourrait alors condenser ainsi toute la suie.

En résultat définitif, on voit que le tirage par ce procédé ne coûterait que 3 à 4 p. 100 du combustible consommé.

3° *Tirage par un jet de vapeur.* Ce procédé de tirage est connu depuis fort longtemps : il a été utilisé chez les anciens qui plaçaient au-dessus de leurs foyers une boule de bronze destinée à injecter par un petit orifice un jet de vapeur dans leurs cheminées pour en aug-

Digitized by Google

menter le tirage. Vitruve en parle positivement, et il se trouve rapporté dans la Caminologie et dans quelques autres ouvrages.

Il était cependant resté inappliqué, lorsqu'il a été employé de nouveau avec un succès remarquable par M. Pelletan, qui ignorait peut être ces travaux antérieurs, et qui en a au moins saisi avec sagacité la portée. Le jet de vapeur paraît produire un vide autour de lui, et appeler ainsi toute la colonne d'air en lui donnant un mouvement rapide de translation; d'où résulte un tirage extrêmement fort dans les carneaux et dans le foyer. Ce phénomène est certainement analogue à celui qui a été observé par M. Poncelet, dans les tuyères des hauts-fourneaux. Il a vu, en effet, que la force du courant d'air chassé dans le creuset du haut-fourneau est beaucoup plus grande quand le bout du porte-vent est placé à l'entrée de la tuyère, que lorsqu'il y est engagé complétement et qu'il la ferme hermétiquement. Il se produit alors un vide autour de ce jet d'air qui sort avec une vitesse considérable en se dilatant, et entraîne avec lui une grande quantité de l'air environnant. C'est ce que M. Pelletan a fort bien observé dans le cas d'un jet de vapeur, et il s'en est servi pour entraîner l'air d'un cylindre dans un autre, dans une machine à monter de l'eau.

Cette invention si importante pour obtenir des combustions rapides, et qui a trouvé une si belle application dans les locomotives, n'offre pas d'avantages au point de vue de l'économie. Il paraît prouvé par l'expérience que l'on a déjà faite, que le tirage produit par la vapeur envoyée directement dans une cheminée, et perdue ensuite entièrement au dehors avec la chaleur qu'elle contenait, et à la température encore assez élevée qu'elle conserve ou qu'elle rend à la fumée, ne coûte pas beaucoup moins que le tirage ordinaire à l'air chaud; autant par la fumee qu'elle réchauffe en partie que par la perte déjà faite dans la production même de cette vapeur.

Mais lorsque l'on peut utiliser à la fois, et la chaleur emportée par la fumée, et celle contenue dans la vapeur injectée dans le tuyau de fumée, en refroidissant celle-ci, et condensant en même temps la vapeur; il est alors évident que l'on obtient sans dépense et sans peine un tirage très fort, et susceptible d'être appliqué dans un grand nombre de circonstances.

4° *Tirage par les procédés mécaniques.* Le quatrième procédé de tirage est le tirage mécanique dans lequel la vitesse est imprimée a l'air par un moteur soit cours d'eau, soit machine à vapeur, soit moteur animé. Deux systèmes de machines y sont employés : les souffleries, moyen le plus puissant, et les ventilateurs qui ne doivent l'être en général que quand la pression à laquelle on a besoin de travailler n'est pas considérable.

Il est bien reconnu aujourd'hui que la vitesse à imprimer à l'air qu'exige la combustion d'une quantité donnée de combustible, coûte beaucoup plus cher quand on se sert pour la lui imprimer du combustible même. M. Clément et M. Péclet l'ont clairement démontré.

Les *machines soufflantes* ne sont pas employées en général pour économiser les dépenses de tirage, mais bien pour donner à celui-ci une grande énergie qui détermine une combustion très active et par suite produit la chaleur nécessaire aux opérations industrielles. Mais elles pourraient être employées, et le sont quelquefois pour obtenir une économie dans des cas où le refroidissement de la fumée peut être obtenu utilement comme pour chauffer l'eau des bains, ou l'air des ateliers, ou pour produire la ventilation des mines, etc.; car il est évident que si la fumée devait sortir à 300°, il n'y aurait rien de mieux à employer qu'une cheminée, puisqu'à cette température le tirage physique y a lieu sans dépense accessoire.

Il est facile de montrer la supériorité du mode de tirage par procédé mécanique sur le tirage obtenu par la chaleur. Soit à faire passer à travers un fourneau la quantité d'air nécessaire pour brûler 60 kilogr. de houille par heure, soit 960 mètres cubes d'air; il suffira, avec un ventilateur, d'employer la force d'un homme ou le sixième d'un cheval-vapeur, qui ne coûte pas en houille brûlée plus de 1/2 kilogr., tandis qu'avec le procédé ordinaire le tirage coûterait 25 à 30 kilogr. de houille.

Aux bains Vigier, à Paris, un homme faisant tourner un ventilateur, aspirant les produits de la combustion qui traverse l'eau destinée aux bains, suffit pour faire brûler par heure 85 kilogr. de bois correspondant à peu près à 42 kilogr. de houille; ce qui correspond à peu près aux résultats sus-énoncés et montre que le tirage mécanique ne coûte pas plus de 1 p. 100 du combustible.

Remarquons qu'il est préférable de lancer l'air plutôt que de l'aspirer, puisque dans le premier cas c'est l'air froid qui est envoyé dans le foyer, tandis que dans le second ce sont les produits de la combustion qu'il s'agit d'aspirer, c'est-à-dire un volume beaucoup plus grand par l'effet de la chaleur, d'acide carbonique, d'azote et d'oxygène ayant échappé à la combustion.

TIROIR. Voyez DÉTENTE et MACHINE A VAPEUR.

TISSAGE (*angl.* weaving, *all.* Weberei). Le tissage, envisagé dans l'ensemble des moyens mis aujourd'hui en usage pour produire des étoffes de tout genre, est devenu un des arts industriels les plus difficiles et les plus compliqués.

Dans cette spécialité, on a su mettre à profit la plupart des sciences positives et les beaux-arts. La supériorité incontestable de l'industrie française dans l'art du tissage tient évidemment à la diffusion de ces connaissances et au goût national. Il n'en est pas des progrès du tissage comme de ceux de la filature mécanique. Les premiers sont bien anciens et n'ont pas subi tout à coup une modification profonde, analogue à celle qu'a éprouvée la filature en général vers la fin du dernier siècle.

Du temps de Virgile, on paraissait familiarisé avec les principaux moyens employés de nos jours dans le tissage, puisqu'il nous apprend « que les cultivateurs tisserands s'occupaient pendant les jours de pluie de l'été à monter les lisses sur les chaînes » (1).

Un passage de Pline indique clairement que les Grecs connaissaient les combinaisons que nous nommons *armures*. Il dit : « que la ville d'Alexandrie a établi sur les métiers les moyens de tisser à plusieurs rangs de lisses » (2). Des échantillons d'étoffes qui ont été retrouvés au commencement de ce siècle dans les tombeaux de Saint-Germain-des-Prés, dont la fabrication remonte à l'origine de l'industrie française, attestent les progrès du tissage à cette époque. On peut s'assurer en visitant les beaux échantillons conservés à la Bibliothèque royale et qui datent du 12e siècle, que ce progrès a été continué avec éclat.

M. Desmarets, membre de l'Institut, dans un intéressant et savant mémoire adressé à l'Académie des Sciences, sur les tissus trouvés dans ces tombeaux, distingue trois époques tranchées dans l'histoire des progrès du tissage.

La première signale l'établissement de plusieurs rangs de lisses sur les métiers horizontaux par les tisseurs grecs d'Alexandrie. La seconde comprend les travaux de l'industrie gauloise, attestés par Pline et Ammien Marcellin. La troisième nous donne ceux de l'industrie française qui a produit les étoffes trouvées dans les tombeaux de Saint-Germain-des-Prés (3).

Si aux moyens de tissage décrits dans les passages

(1) *Géorgiques*, livre Ier, vers 285.
(2) VIIIe livre, ch. 48.
(3) Académie des Sciences, 1806, Mémoire de Desmarets.

Digitized by Google

que nous venons de citer, nous comparons les métiers à tisser employés de nos jours par les peuplades sauvages, qu'on peut supposer leur avoir été transmis d'âge en âge, on restera convaincu que le système de tissage le plus anciennement pratiqué se rapprocherait le plus de celui que nous connaissons sous le nom de système à *basses lisses*. L'examen attentif d'un métier dont se servent les naturels de l'île Oualan que M. le capitaine *Duperrey*, membre de l'Institut, a rapporté de l'un de ses voyages autour du monde, nous a confirmé dans cette opinion. M. Duperrey, en nous montrant ce métier, a eu l'obligeance de nous faire voir les espèces de ceintures au tissage desquelles il est exclusivement employé (les naturels ne portant pas d'autres vêtements). Nous avons pu admirer le goût des dessins de ces bandes façonnées, ainsi que leur parfaite exécution.

Les progrès contemporains dans l'art du tissage consistent principalement dans l'établissement du travail mécanique pour les étoffes simples et unies, et dans la simplification des métiers qui servent aux tissus ornés. Des améliorations secondaires, qui ne sont cependant pas sans importance, sont venues s'ajouter aux premières et concourir pour leur part aux progrès que l'on remarque dans les différentes parties de l'art du tissage tel qu'on le pratique aujourd'hui.

Notions générales du tissage. Avant de décrire la série des opérations par lesquelles on transforme les fils en étoffes, nous croyons convenable de résumer aussi succinctement que possible la méthode générale du tissage après avoir indiqué les caractères fondamentaux de toutes les étoffes. Cette exposition nous permettra d'aborder plus facilement la classification des tissus et de rendre plus intelligible tout ce que nous aurons à dire dans cet article.

Un tissu, ou une étoffe de nature quelconque, est une surface flexible et élastique de dimensions données, formée par l'entrelacement régulier de fils soumis à une certaine tension et dont la superposition détermine l'épaisseur du tissu.

La liaison des fils de presque tous les tissus (nous indiquerons plus loin ceux qui font exception) s'effectue le plus communément par le croisement de deux séries de fils perpendiculaires entre eux; ceux de la première sont longitudinaux, isolés les uns des autres et tendus parallelement dans un même plan horizontal ou vertical suivant le système. Les fils de la seconde entrelacent transversalement ceux de la première. On peut les considérer comme un seul fil successivement replié et serré sur lui-même, de manière à remplir graduellement l'espace vide laissé sur toute la longueur des fils de la première série.

Le système des fils longitudinaux a reçu le nom de *chaîne*, celui des fils transversaux est appelé *trame*.

Une seule course de trame égale à la largeur de la chaîne est désignée sous le nom de *duite*; plusieurs duites de couleurs différentes superposées ont reçu le nom de *passée*.

La résistance d'une étoffe à la traction est supérieure à celle de la somme des fils qui la composent.

Elle peut être considérée comme proportionnelle à celle des fils multipliée par le nombre de liaisons ou d'entrelacements nécessaires à sa confection.

L'espace occupé par une étoffe peut être moindre, égal ou supérieur à celui qu'auraient occupé tous les fils qui la constituent, si on les avait rangés régulièrement les uns auprès des autres sans les croiser.

Les causes de ces variations de dimensions dépendent nécessairement de la circonvolution produite par l'entrelacement des fils (1).

La surface d'un tissu peut varier sur la longueur, ou sur la largeur, ou dans les deux sens à la fois.

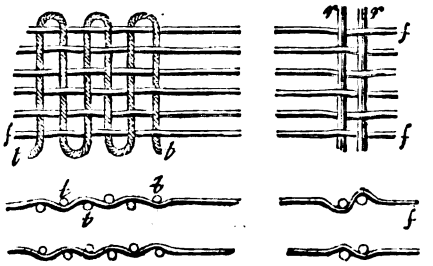
La cause d'allongement provient de la tension que l'on fait subir aux chaînes composées en général de fils élastiques. Le raccourcissement est le résultat du repliement des fils de la chaîne autour de ceux de la trame. L'élargissement provient des espaces vides qui restent entre eux. Le rétrécissement résulte du repliement autour de la chaîne des fils de la trame qui forment en quelque sorte une série d'anneaux occupant une longueur moindre que celle de leur développement. Lorsque l'une ou l'autre de ces causes vient à prédominer dans le tissage, les résultats qui en dépendent se manifestent sur le tissu.

Ces considérations vont trouver leur éclaircissement naturel dans les descriptions qui vont suivre.

Donnons d'abord les moyens les plus élémentaires nécessaires pour produire les étoffes les plus simples.

Pour former un tissu des plus simples soient *f, f, f* une série de fils isolés parallèles entre eux dans un même plan horizontal soumis tous à la même tension et enroulés sur deux cylindres (la figure 2438 représente

2438.



2439.

un plan et la figure 2439 une coupe). C'est entre ces fils qu'il s'agit d'établir une liaison intime de manière à les relier pour produire la surface flexible dont nous avons parlé plus haut.

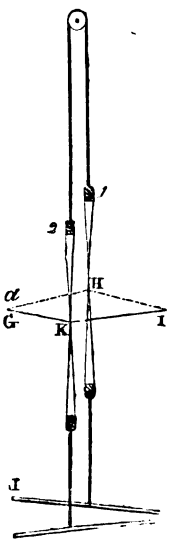
Supposons tous ces fils séparés en deux parties égales : en fils de numéros pairs et en fils de numéros impairs. On passe deux tiges rigides *r r*, perpendiculairement à la direction des longitudinaux : la première au-dessus de tous les pairs et au-dessous des impairs, et la seconde au-dessus de tous les impairs et au-dessous des pairs, ainsi que l'indiquent les figures. Cette disposition, qu'on nomme *envergure*, permet d'embrasser facilement en même temps tous les fils de chaque moitié de la chaîne, sans avoir besoin de les chercher et sans s'exposer à les mêler. Chaque fil de la chaîne passe dans un nœud ou boucle, ou un petit orifice d'un fil vertical: il y en a par conséquent autant que de fils dans la chaîne. Tous ceux correspondant aux fils pairs horizontaux, sont réunis à leurs deux extrémités. L'ensemble de ce système se nomme une *lisse* ou *lame*. Il y a de même une lisse pour les fils impairs. Ces dispositions fournissent les moyens de faire baisser ou monter simultanément l'une ou l'autre série, suivant qu'on baisse ou lève la lisse correspondante. On fait mouvoir les deux l'une après l'autre en établissant une communication entre elles au moyen d'une corde qui passe sur une poulie.

L'une monte pendant que l'autre baisse. Par ce mouvement les fils de la chaîne prennent la direction indiquée fig. 2440, et forment par conséquent un angle *a* proportionnel au chemin parcouru par la corde de la poulie. Cette corde est commandée elle-même par les leviers ou marches L L auxquelles elle est attachée. Les choses étant dans cet état, l'on fait passer un fil dans l'angle perpendiculairement à la chaîne sur toute sa

(1) Il est bien entendu que nous n'envisageons ici que le changement de dimensions résultant du tissage; ceux qui proviennent du feutrage appartenant à une cause toute différente.

Digitized by Google

largeur, et l'on donne ensuite aux lames le mouvement opposé ; c'est-à-dire on baisse les fils qui avaient été levés et on lève ceux qui avaient été abaissés. Le fil en travers se loge dans le sommet de l'angle *a* et remplit complétement un espace égal à son diamètre. Le même angle *a* se reproduit avec la seule différence que les fils, qui dans le premier mouvement en composaient le côté supérieur, en forment maintenant le côté inférieur. On fait passer une seconde duite parallèle à la première et on referme de nouveau l'angle.



2440.

On a alors la disposition de tissu la plus simple et qui est celle de la plus grande partie des tissus. On voit (figure 2438) que la première duite passe alternativement sur tous les fils pairs et sous tous les fils impairs ; la seconde, au contraire, sous tous les fils pairs et sur tous les fils impairs.

La trame est renvidée sur un petit cylindre logé dans un creux de la navette que nous décrirons en détail plus loin.

Mais pour que le tissu ait la résistance voulue, il faut que chaque duite soit bien également serrée dans le sommet de l'angle *a*.

Le serrage régulier qui établit la liaison intime de la duite avec la chaîne s'obtient par le choc qu'on imprime à la première au moyen d'un levier d'une forme particulière, propre à le laisser fonctionner entre les fils de la chaîne et qu'on nomme *battant*. (La description du battant trouvera sa place lors de celle des métiers à tisser.)

Il suffit de répéter les deux mouvements de la chaîne, d'avoir soin de fournir la duite nécessaire et de la serrer convenablement par le choc pour former nn tissu. Il est facile de voir que dans l'étoffe qui résulte des croisements que nous venons d'indiquer, les deux surfaces présentent exactement la même apparence ; nous donnerons pour exemple la toile, la plupart des cotonnades, des lainages et des taffetas. Il ne serait d'ailleurs pas possible de donner un aspect différent au tissu résultant des entrelacements en se bornant à diviser tous les fils de la chaîne en deux parties égales dans les lisses. Les moyens seront moins limités lorsqu'on poussera cette division plus loin et qu'on augmentera proportionnellement le nombre de lames.

Nous verrons, en traitant des *armures*, les effets variés que l'on peut obtenir par les divisions des fils de la chaîne convenablement combinées.

Tous les tissus formés par des chaînes et des trames nécessitent l'intervention des éléments que nous venons d'indiquer ; mais ils doivent être modifiés suivant la nature des fils que l'on emploie et le genre de tissu que l'on veut produire.

Les caractères fondamentaux à distinguer dans une étoffe sont la *force*, la *régularité* et l'*élasticité*.

La force d'une étoffe dépend de celle des fils qui la composent, de leur roideur et de leur quantité.

La régularité est une conséquence de l'homogénéité des fils, du bon ordre, de leur disposition et de l'application convenable des forces de traction auxquelles ils sont soumis.

L'élasticité provient de celle naturelle des fils suffisamment ménagée. Elle peut être égale sur les deux dimensions ou prédominante sur l'une ou l'autre, suivant que la quantité relative de chaîne ou de trame sera prédominante ou que la tension diminuera sur l'un ou l'autre élément. Il résulte de ces principes que, toutes choses égales d'ailleurs, *la tension à donner aux fils d'un tissu doit être proportionnelle à la force qu'il doit avoir*, puisque de son degré dépend la quantité de fils que peut contenir l'unité de surface. Remarquons que cette tension est une conséquence : 1° de celle que l'on exerce par traction sur les fils longitudinaux de la chaîne ; 2° de celle à laquelle est soumis le fil de la trame. Cette dernière est la résultante : 1° de l'impulsion donnée au fil par la navette ; 2° du choc qui lui est imprimé par le battant. Ces éléments qui agissent sur la chaîne et la trame doivent augmenter et diminuer dans un même rapport. L'importance de l'action uniforme et constante de ces forces sur les fils pendant toute la durée du tissage est évidente, car on ne saurait la diminuer ou la ralentir sans qu'une irrégularité ne se manifestât aussitôt sur l'étoffe.

Il est évident aussi que la grandeur de l'angle ou ouverture de la chaîne à chaque coup de navette prise au moment où le battant vient serrer la duite, doit être d'autant moindre que le tissu doit acquérir plus de force et de roideur. On dit que l'on travaille *à pas clos* ou *à pas ouvert* suivant que les fils de la chaîne forment un angle aigu ou obtus.

Si maintenant, au lieu de fils de même nature, on en emploie de natures différentes, les tensions doivent être proportionnelles à la force et à l'élasticité des fils et généralement en raison directe de leur finesse, puisqu'ils renferment d'autant plus de matière et sont d'autant plus forts que leurs numéros sont plus élevés.

Il est très difficile dans l'état actuel de la science d'indiquer d'une manière absolue les efforts de traction qu'il faut faire subir aux fils et par conséquent les poids qui doivent charger la chaîne et le battant. L'ouverture de la chaîne la plus convenable, la nature des fils, leur finesse et leur perfection, ainsi que le mode de croisement, étant très variables, c'est par l'expérience seulement que l'on peut déterminer ces éléments dans les différents cas qui peuvent se présenter ; théoriquement on peut simplement faire comprendre les inconvénients qui résulteraient si l'on ne restait pas dans des limites convenables. Une tension trop forte de la chaîne troublerait l'élasticité des fils, les affaiblirait et pourrait déterminer des ruptures. Elle ne devra même dans aucun cas atteindre la limite de leur ténacité, car dans le tissage, ils sont exposés à des mouvements brusques et à des frottements sensibles qui diminuent par conséquent leur force. Il est donc important de ne la pas pousser au-delà du degré nécessaire, pour obtenir la roideur, la solidité du tissu, et en même temps, pour ne pas dépenser un travail inutile. La pression exercée contre la trame par le battant et par conséquent son poids doit varier également suivant la force à donner aux étoffes. D'un poids trop fort résulterait une pression, et par suite un raccourcissement des fils de la chaîne trop grand. Une trop faible tension de la chaîne, ou un poids insuffisant du battant, produirait des tissus creux, qui n'auraient ni la roideur, ni la solidité convenables.

Les variétés d'étoffes sont si nombreuses, les noms que le commerce leur donne sont si arbitraires et si étrangers à leurs caractères et aux moyens de fabrication, que nous avons cru devoir tenter une classification qui nous permît de ranger dans quelques groupes principaux tous les tissus, et de réunir dans le même groupe ceux qui sont produits par des moyens identiques, indépendamment de la nature de leurs fils.

Nous sommes loin de nous faire illusion sur le mérite de la classification que nous avons adoptée, et afin qu'on ne lui attribue pas une portée plus grande que celle que

Digitized by Google

nous avons entendu lui donner nous-mêmes, il est nécessaire d'expliquer notre pensée en quelques mots.

Nous n'avons pas eu la prétention de substituer une nomenclature nouvelle et rationnelle à celle dont le commerce a l'habitude de se servir. Le plus souvent on donne aux étoffes des noms bizarres ou des noms célèbres empruntés aux hommes, aux choses ou aux événements, et qui ne sont quelquefois pas complétement étrangers au débit des produits, et cela suffirait peut-être pour que l'on refusât d'accepter une innovation. Nous avons seulement voulu établir des distinctions positives entre les classes de tissus formés par des combinaisons d'entrelacement de fils qui présentent des apparences tranchées, ranger dans les mêmes groupes tous les tissus engendrés de la même manière et arriver à donner une idée exacte des moyens employés à former un tissu déterminé.

Cette classification pourra, en quelque sorte, et toutes choses égales d'ailleurs, servir de guide dans l'appréciation de la valeur intrinsèque d'une étoffe. En effet, la véritable valeur de celle-ci consiste dans les propriétés et les qualités de la matière première, ainsi que dans les caractères extérieurs qu'elle présente. Or, les propriétés d'une matière dépendant de sa nature peu variable, et sur laquelle il est en général impossible de se méprendre, il n'y a donc pas d'importance à comprendre ces propriétés dans une classification générale.

Les qualités d'une même matière première au contraire étant très variables et ne pouvant être appréciées que par une longue expérience, il serait difficile de les faire entrer comme bases dans une classification théorique; les deux premiers éléments doivent donc en être exclus. Il n'en est plus de même des caractères extérieurs que présentent les étoffes. Ils dépendent d'une part de la nature des fils employés et de l'autre des systèmes d'entrelacement adoptés pour en établir les liaisons entre ces fils. Celles-ci ont donc le double but de former le corps du tissu, de lui donner sa solidité et de présenter des combinaisons d'entrelacement, telles que le tissu offre à l'œil l'aspect le plus flatteur. L'influence que peuvent avoir les différents modes de croisement sur cette apparence est surtout très sensible dans les étoffes brillantes, telles que les tissus de soie.

Les systèmes de croisements de fils usités, et avec lesquels l'industrie est familiarisée, sont tres nombreux et peuvent considérablement varier encore ; mais ils dérivent tous de quelques combinaisons qui peuvent être clairement définies, et auxquelles toutes nouvelles pourront être ramenées. Mais aussi bien que les modes de liaisons, le nombre d'assemblages de fils employés dans une trame est variable. Dans les tissus unis les plus simples, on ne se sert ordinairement que de deux systèmes de fils, d'une trame et d'une chaîne, mais à mesure qu'on veut obtenir des étoffes plus riches, ou qui doivent présenter des effets plus variés et plus élégants on fait usage d'un plus grand nombre de systèmes, tantôt dans l'un ou dans l'autre sens, tantôt dans les deux à la fois. Ces additions ont lieu pour certains genres de tissus sur toute leur surface; pour d'autres, sur une partie seulement, comme nous le verrons plus loin.

Le mode de liaison des différents systèmes de fils entre eux, quel que soit d'ailleurs leur nombre, est également déterminé par quelques règles fondamentales. Comme la complication des combinaisons, ainsi que le nombre de systèmes usités sont en général proportionnels à la valeur des étoffes, il est rationnel de prendre ces éléments pour base principale de notre classification. Elle se trouve ainsi établie sur quelques principes pour ainsi dire immuables, dont la combinaison plus ou moins compliquée peut, en quelque sorte, dans la plupart des cas, déterminer la valeur relative des tissus. En effet, elle indique le degré de travail qu'une étoffe aura subi au tissage, et qui est ordinairement en raison de la valeur même de la matière employée.

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES TISSUS (1).

Envisagés sous le point de vue de leur constitution élémentaire seulement, tous les tissus peuvent être rangés en trois grandes classes :

1° *Les tissus à corps plein, à fils serrés et rectilignes ;*
2° *Les tissus à jours et à fils mixtilignes ;*
3° *Les tissus à mailles et à fils curvilignes.*

Les tissus de la première classe sont formés par des systèmes de fils qui se croisent invariablement à angles droits, et ne laissent entre eux que des espaces imperceptibles à l'œil nu. C'est la classe la plus riche en genres et en variétés ; elle comprend depuis la toile à voile la plus grossière jusqu'aux magnifiques *moquettes anglaises*, produites à l'aide des artifices et des combinaisons les plus compliquées du tissage. Ces variétés peuvent se distinguer en cinq genres différents :

Tissus du premier genre. Le premier renferme tous les tissus unis qui peuvent se produire à la marche, par conséquent toutes les espèces qui peuvent être formées par les diverses combinaisons de couleurs, de reflets, de croisements ou d'armures. A l'aide d'une chaîne et d'une trame seulement, les modes d'entrelacement de ces deux systèmes sont limités par le nombre de leviers ou marches, et par conséquent par celui des lames qui leur correspondent. Les effets obtenus au tissage, subordonnés au soulèvement et à l'abaissement simultanés d'une série de fils de chaîne, se bornent par cette raison aux combinaisons simples, dont les figures les plus compliquées seraient formées de lignes droites de grandeurs assez sensibles.

Dans ce genre, nous placerons toutes les étoffes exécutées pour les armures fondamentales, la toile, les draps unis ou croisés, les calicots, les cotonnades de toutes sortes, les taffetas, les serges, les satins, les coutils, les rayés quelconques, les damassés, etc. Ces variétés de tissus ne présentent de différences que dans les modes de croisements des deux systemes de fils.

Deuxième genre, tissus doubles. Ce genre se distingue très facilement du précédent et de tous les autres par la présence de deux chaînes. Il renferme des étoffes analogues aux mèches et à celles présentant deux surfaces d'aspect different, les velours unis, coupés ou frisés, les peluches et en un mot tous les tissus ayant deux fils superposés en longueur. Le caractère distinctif de ce genre étant très tranché, nous n'avons pas à y insister. On peut y distinguer plusieurs variétés, depuis les étoffes à deux jusqu'a celles à quatre et cinq chaînes.

Troisième genre. Nous rangerons dans celui-ci les tissus formés d'une trame et d'une chaîne seulement, et dont les fils produisent des figures quelconques, des sphères parfaites aussi bien que des lignes droites, et avec lesquels on peut opérer comme avec autant de points qui n'auraient que leur grosseur. L'exécution des tissus de ce genre nécessite des moyens mécaniques nouveaux pour faire mouvoir les fils isolément, et non plus par série comme avec les lames. C'est ce resultat que realisaient les anciens métiers à la tire, le métier plus récent de Vaucanson, et qu'a atteint surtout le métier à la Jacquart.

Toutes les étoffes façonnées ordinaires, dont les fils forment en même temps le fond et le liage, soit dans les cotonnades, les lainages de fantaisie ou la soierie, s'obtiennent de cette façon et appartiennent, par conséquent, au troisième genre.

(1) Nous avons pensé qu'il était convenable de placer cette classification en tête de l'article *tissage*, comme introduction naturelle, afin de ne pas scinder nos descriptions; nous supposons cependant que nos lecteurs ont déjà pris connaissance de ce qui suit concernant le tissage.

Digitized by Google

Quatrième genre. Ce genre se compose des tissus des genres précédents perfectionnés : au lieu d'en former le fond et le liage par une seule duite, on chasse ou superpose deux duites, l'une destinée à former le fond ou le corps du tissu, l'autre le liage du dessin avec le fond. Ce travail, qui est surtout celui appliqué aux beaux châles français, aux riches étoffes pour meubles, fait disparaître les inégalités d'épaisseur qu'on peut observer dans les tissus du troisième genre.

Ce genre exige généralement les combinaisons des aiguilles de la Jacquart et des lames. Nous l'avons classé à part parce qu'il comprend un élément nouveau et important, celui d'un deuxième et quelquefois d'un troisième fil en travers.

Cinquième genre. Nous rangeons dans le cinquième genre les étoffes pour la production desquelles il faut avoir recours à tous les moyens précédents réunis, c'est-à-dire aux lames ou lisses, aux doubles chaînes des tissus unis et au mécanisme de la Jacquart ; les riches étoffes de velours broché, les châles doubles, les plus beaux tapis basses lisses, qu'on nomme la moquette anglaise, en sont les principales variétés (1).

Tissus de la seconde classe à jours et à fils mixtilignes.

Les étoffes de cette classe sont formées d'une chaîne et d'une trame comme les tissus unis ; mais tous les fils de la chaîne ne restent pas parallèles entre eux et également tendus comme dans ceux-ci ; certains d'entre eux, disposés à distances régulières, font une révolution héliçoïde, tantôt autour du fil qui se trouve à leur droite, et tantôt autour de celui de gauche. Ils laissent à la place qu'ils occupaient d'abord un espace libre entre deux duites successives. Ces jours sont, avec la forme qu'affectent les fils, les caractères distinctifs de ce genre. Les gazes, en général, les balzorines, les tarlatanes, sont les principales étoffes de cette classe. On distingue deux genres dans cette classe, les tissus unis à jours et ceux à jours façonnés.

Troisième classe. Tissus à mailles et à fils curvilignes.

La troisième classe, enfin, embrasse tous les tissus à mailles formées par la révolution d'un seul fil non tendu autour de lui-même et d'aiguilles génératrices, ou par le croisement de deux systèmes de fils tendus conservant des vides entre eux. Les tissus de cette classe peuvent être rangés en trois genres principaux :

Tissus du premier genre. Nous comprendrons dans le premier genre les tricots de toute espèce, quelles que soient leurs qualités, et qui sont toujours caractérisés par des mailles plus ou moins grandes, formées d'une courbe allongée rétrécie dans son milieu et présentant une élasticité parfaite dans tous les sens, qui rend les tissus qu'ils composent éminemment propres à envelopper parfaitement les formes qu'ils sont destinés à couvrir. Les seuls ornements que les tricots reçoivent, consistent dans des dessins formés par des jours réservés lors du travail. La différence de valeur de ces étoffes provient principalement de la nature et de la finesse des fils employés. Elles ne peuvent être formées qu'à l'aide de métiers spéciaux, puisqu'il s'agit de réaliser des conditions tout à fait autres que pour les tissus que nous avons eu à examiner jusqu'ici ; les métiers à tricots employés sont basés, en effet, sur des principes qui diffèrent complétement de ceux sur lesquels sont construits les autres métiers à tisser. Voyez BONNETERIE.

Tissus du deuxième genre. Nous rangerons dans ce genre toutes les dentelles et les tulles unis qui sont aussi composés de mailles ; mais celles-ci, au lieu d'être des boucles courbes, élastiques, formées par une révolution d'un seul fil sans tension, sont généralement des hexagones résultant du croisement de deux systèmes de fils tendus, qui ne peuvent, par conséquent, offrir l'élasticité des tissus du genre précédent. Ce caractère distinctif nous indique également qu'ils nécessitent, pour leur tissage, la construction de métiers nouveaux remplissant des conditions toutes particulières. Les variétés de ce genre dépendent également de la nature et de la valeur des fils employés. Voyez TULLE.

Tissus du troisième genre. Les tulles et les dentelles sont souvent ornés par des broderies élégantes, exécutées tantôt en les tissant sur le corps même de l'étoffe, tantôt les ornements se font à part et sont appliqués ensuite. Ce travail se fait généralement à la main pour les dentelles précieuses. On en fait également avec le métier à la Jacquart, ou avec celui de M. Josué Heilmann. Nous avons rangé toutes les dentelles et les tulles ornés dans un même genre, mais c'est celui qui renferme le plus de variétés, puisqu'il contient en effet depuis le tulle façonné, fabriqué couramment avec les machines, jusqu'à ces magnifiques produits de Valenciennes, de Caen, de Nancy, d'Alençon, pour l'exécution desquels il faut une habileté toute particulière. Toutes les distinctions dans lesquelles nous pourrions entrer à ce sujet seraient insuffisantes, et n'apprendraient rien ni aux ouvrières qui en font la spécialité, ni aux consommateurs qui ont pu comparer la plupart de ces légers tissus. Voyez BRODERIE.

Malgré toute la simplicité de cette classification, nous pensons qu'une étoffe quelconque peut y trouver sa place ; l'indication de la classe et du genre d'un tissu apprend immédiatement l'espèce de métier sur lequel elle a été exécutée, et les éléments fondamentaux qui la constituent.

Il suffira, par exemple, de dire qu'un velours façonné est un tissu du cinquième genre de la première classe, pour indiquer que sa production a exigé tous les moyens mécaniques dont le tisserand peut faire usage, qu'il est composé de deux chaînes au moins et d'une certaine quantité de trames superposées, et que c'est par conséquent un des plus chers. On aura des indications analogues pour tous les genres.

On connaîtra donc immédiatement par la dénomination des tissus les moyens mécaniques employés à les confectionner, et la quantité relative de matière qui les compose. Pour arriver à se rendre compte de la variété à laquelle ils appartiennent, il faudra les décomposer en les défilant, pour saisir avec exactitude les modes de croisements ; et pour parvenir à les produire, il faudra être familiarisé avec tous les éléments de l'art du tissage, dont nous allons commencer l'étude.

Opérations du tissage.

Les opérations à exécuter peuvent se diviser en *opérations préliminaires et en opérations du tissage proprement dit.*

Les premières ont pour but la disposition convenable des fils et de toutes les parties du métier, suivant le tissage que l'on a en vue. Les secondes transforment les fils en tissus.

Les opérations préliminaires pour les étoffes ornées, simples ou doubles, se réduisent aux suivantes :

1° Le bobinage ;
2° L'ourdissage ;
3° Le pliage et montage de la chaîne ;
4° Le parage ;
5° La préparation de la trame ;
6° Le remettage ;
7° Le montage du métier ou son armure.

Pour les étoffes façonnées, il faut ajouter :

8° La mise en carte du dessin ;

(1) Nous n'avons pas cherché à faire entrer les beaux tapis à hautes lisses dans cette classification, car le travail de ces tissus ne peut d'ailleurs se confondre avec aucun autre, et appartient plus aux beaux-arts et à la broderie qu'au tissage proprement dit.

Digitized by Google

9° Le lisage, le perçage et l'assemblage des cartons ;
10° Les divers empoutages ;
11° L'appareillage du métier, comprenant le collétage et le pendage.

Les principaux métiers employés sont les suivants :

Basses lisses. { 1° Le métier à marches mû par l'ouvrier ; 2° Les métiers mécaniques ; 3° Les métiers à cylindres ; 4° Le métier à la Jacquart ;
Hautes lisses. { 5° Le métier à hautes lisses ; 6° Le métier mixte à basses ou à hautes lisses à volonté ;
Métiers à mailles. { 7° Les métiers à tulle ; 8° Les métiers à tricot.

Du bobinage. Lorsque les fils sont livrés par la filature sous forme d'écheveaux ou de fuseaux, comme cela arrive toujours pour ceux destinés pour la chaîne, et quelquefois aussi pour ceux de la trame, il faut alors transformer ces écheveaux et ces fuseaux en nouvelles bobines, pour opérer plus facilement dans les préparations ultérieures. Cette transformation a lieu par un simple dévidage ; on dispose une série de bobines les unes à côté des autres, que l'on commande simultanément, et sur lesquelles on fait monter le fil provenant des broches ou des écheveaux. Les machines à bobiner peuvent présenter quelques modifications sous le rapport de la disposition des bobines, qui sont placées horizontalement ou verticalement, et sous le rapport de la transmission du mouvement ; mais ces modifications n'ayant aucune importance au fond, nous nous sommes bornés à indiquer la disposition d'un des bobinoirs les plus répandus dans le tissage mécanique. La fig. 2441 donne une vue de côté de la machine, et la fig. 2442 une vue de face d'une partie seulement de la longueur du bobinoir. On ne voit que trois broches, tandis qu'il y en a soixante à soixante-dix de chaque côté.

Les broches *b* sont fixées sur une traverse *t* (si on avait des écheveaux à dévider, ce serait sur un asple qu'on les enroulerait) ; les bobines B sont disposées à la partie supérieure dans des axes, qui portent des noix ou petites poulies à une certaine hauteur, et qui reposent par leur extrémité inférieure dans des crapaudines *e* de la traverse *r*. Dans son trajet du fuseau *b* à la bobine B, le fil passe sur une tringle cylindrique *f*, garnie de drap ou de peluche dont le frottement sert à enlever une partie du duvet du fil. Entre les fuseaux et les bobines se trouvent de petits guides. Ces dernières reposent sur une pièce mobile *c*, qui monte et descend pour que le fil soit uniformément enroulé sur la hauteur. Toutes les traverses et les différents points d'appui de la machine sont reliés à un bâti en fonte composé de trois montants, un à chaque extrémité, un au milieu. E F G H, est celui de l'une des extrémités, sur lequel reposent les transmissions de mouvements. Celles-ci se composent d'un cylindre R en fer-blanc, donnant le mouvement aux broches par des cordes à boyaux qui partent de sa périphérie pour envelopper les noix des broches. Ce cylindre reçoit l'action du moteur à une de ses extrémités par des poulies ; l'autre extrémité porte un pignon 1, qui engrène avec une roue intermédiaire 2, dont l'axe commande le pignon 3, faisant tourner la roue 4. L'axe de cette dernière porte un excentrique X, dont le mouvement fait décrire un arc de cercle au levier L, qui transmet une impulsion à la poulie G, qui prend par suite un mouvement circulaire alternatif et fait, par conséquent, marcher le chariot ou balancier *c*, sur lequel se trouvent les bobines, en l'élevant et l'abaissant dans des coulisses disposées à cet effet par des tringles *n'* qui y sont attachées. Les petites poulies *n*, sont des galets de tension pour maintenir les cordes ou chaînes *e*.

La vitesse imprimée à la poulie motrice, et par conséquent au tambour R, est moyennement de 110 à 120 tours par minute ; celle des broches des bobines est de 540 à 550 dans le même temps, et l'excentrique fait 3 tours environ. On pourra facilement calculer d'après cela le travail théorique de cette machine dans un temps donné.

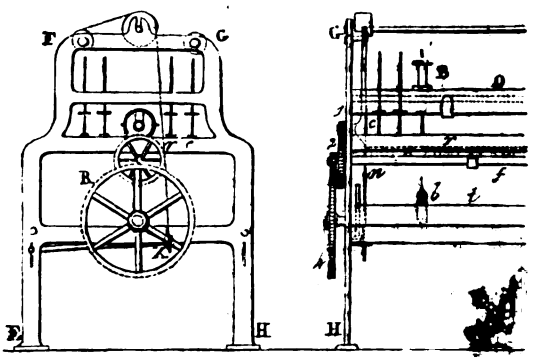
De l'ourdissage. — *Ourdir*, c'est assembler parallèlement entre eux, à une égale longueur et sous la même tension, un certain nombre de fils dont l'ensemble a reçu le nom de *chaîne*.

Les nuances des fils d'une chaîne sont déterminées d'après les effets qu'on veut obtenir dans le sens longitudinal du tissu ; elles ne varient guère que pour les étoffes à raies, les diversités de couleurs étant plus généralement produites par des effets de trame, et pour les tissus chinés, par une impression ou un trempage des fils de la chaîne dans la teinture avant ou après l'ourdissage, suivant la méthode employée.

On peut distinguer deux espèces de chaînes :

1° Les chaînes destinées à former les étoffes simples et le fond des étoffes à poils ;

2° Les chaînes destinées uniquement à produire le velouté ou duvet des étoffes à poils.



2441. 2442.

La longueur des premières est proportionnelle à celle des tissus.

La longueur des secondes doit être égale au développement total des boucles nécessaires pour le duvet de l'étoffe.

Le nombre de fils dans les deux cas est proportionnel à la largeur du tissu, toutes choses égales d'ailleurs, et en raison inverse de la grosseur des fils et des espaces vides qui les séparent, prise entre les deux lisières. Les fils de cordons ou de lisières de nature plus commune, sont comptés à part.

L'ourdissage peut être simple, double, triple, quadruple, etc., suivant qu'on opère sur 1, 2, 3, 4, etc., fils ensemble.

Pour donner plus de solidité à l'étoffe et la fournir davantage dans le cas de la réunion de plusieurs fils, on ne les considère à l'ourdissage que comme un seul.

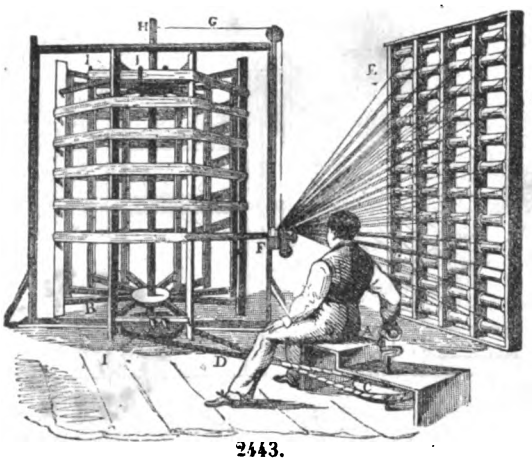
L'ourdissage est généralement simple pour les cotonnades, les toiles, la draperie et les étoffes en laine rase ; il est au moins double pour les beaux châles brochés, et c'est pour les différents articles de soieries qu'il est le plus variable.

Quelquefois aussi, lorsque le tissu doit présenter des

Digitized by Google

côtes qui alternent dans le sens de la longueur de la pièce, on ourdit alternativement à fil simple et à fil double ou triple, suivant les grosseurs des côtes en relief que l'on veut obtenir.

Description de l'ourdissoir. La machine à ourdir le plus généralement employée pour l'ourdissage à la main



2443.

est l'*ourdissoir rond*, représenté en élévation fig. 2443; H F est le bâti de l'ourdissoir, qui est un asple à axe vertical, E est le montant du porte-roquets qu'on nomme *cantre*. On ourdit ensemble un certain nombre de fils dont la réunion est désignée sous le nom de *portée*. Le nombre de fils d'une portée peut varier avec les localités; il est le plus communément de quarante fils. L'assemblage de 20 fils est une *demi-portée* ou *musette*, nom employé plus généralement dans la soierie. Cette demi-portée est dévidée comme un seul ruban, et s'enroule autour de l'ourdissoir en formant un nombre de spires placées à égale distance sur toute la hauteur, dont le développement total doit être égal à celui de la longueur de la chaîne que l'on veut obtenir. Comme celle-ci peut être variable, l'ourdissoir a ordinairement la plus grande hauteur nécessaire, et quand on a des chaînes d'une moindre longueur on place alors des traverses pour limiter la course. L'ourdisseur fait prendre aux fils la direction convenable pour amener tous les fils à la traverse; elle les rassemble par un nœud, puis les fixe sur des chevilles I de l'ourdissoir. Il est important de faire cette attache en croisant les fils.

Cette manière d'arrêter la chaîne s'appelle *enverjure*. Elle a pour but de maintenir les fils dans leurs positions respectives, de les empêcher de se mêler, et de faciliter la recherche d'un fil dont on aurait perdu la trace par la rupture ou autrement.

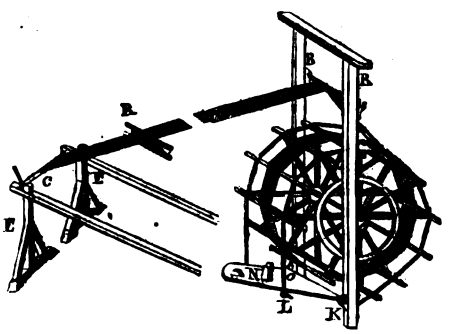
Une fois la musette enverjée ou encroisée, on met l'ourdissoir en mouvement par une manivelle A qui commande la poulie C; cette poulie commande l'ourdissoir par une corde D qui l'enveloppe. La disposition régulière des fils en spire, sur la hauteur de l'ourdissoir, a lieu de la manière suivante :

L'arbre vertical de l'asple se termine à sa partie supérieure par un axe H en fer, sur lequel s'enroule une corde G, qui de cet axe passe sur une petite poulie *t*, et vient s'attacher, parallèlement aux montants, à une pièce mobile F nommée *plot*, qui sert de guide aux fils réunis. A mesure que la corde s'enroule dans un sens, le plot et, par conséquent, la musette montent; lorsqu'au contraire l'ouvrière change la direction du mouvement, le plot et la musette descendent; lorsqu'ils sont au bas on enverje également comme on a fait au commencement, puis on continue le mouvement de va-et-vient comme il vient d'être indiqué. Il est essentiel que les distances entre les spires soient autant que possible égales entre elles, afin que les fils soient bien soumis à la même tension. C'est à cet effet que la poulie de renvoi ou petit cylindre porte une petite roue à rochet avec un cliquet, qui servent de régulateurs à la marche du plot; celui-ci glisse le long du montant du devant, qui doit être bien uni. Il est nécessaire que l'ourdissoir soit bien établi et que son axe soit parfaitement vertical.

Lorsque la chaîne est ourdie, on a soin de fixer les enverjures par des liens, afin qu'elles ne se dérangent pas; et pour que les fils ne se mêlent pas, on les réunit sous la forme d'anneaux. C'est de cette disposition que vient le nom de *chaîne* qu'on donne aux fils ourdis.

Pliage et *montage*. Pour plier une chaîne, on l'enlève de l'ourdissoir et on la dispose sur le cylindre ensouple du métier à tisser. Cette opération se pratique encore généralement de la manière suivante :

La chaîne, divisée par demi-portées, est placée sur un tambour *t t* (fig. 2444), en commençant par le bout de l'enverjure; on remplace le lien par une baguette B, après quoi on fait passer les musettes dans un rateau R de la largeur de l'étoffe à produire, en introduisant chacune d'elles entre deux dents qui, ainsi disposées, se rendent dans le même ordre sur le cylindre C, destiné au métier à tisser, et qui pendant le pliage est disposé sur les deux cabres E E, attachés invariablement au plancher.



2444.

La chaîne est fixée au cylindre ou rouleau du métier par une baguette d'enverjure, qui vient se placer dans une rainure pratiquée à cet effet; un ouvrier fait tourner le cylindre pour produire l'envidage, tandis qu'un autre tient le rateau à la main pour dégager les adhérences qui pourraient exister entre les musettes.

La tension de la chaîne est maintenue par l'effet d'un poids N, qu'on avance ou recule sur une espèce de tablier à bascule O K, assemblé à charnière à la partie inférieure des montants Q R du tambour.

Ce dernier est embrassé par une courroie, liée à la bascule de manière à opérer un certain frottement sur ses bras et à tendre convenablement les fils. Lorsque l'opération touche à sa fin, on défait le rateau en enlevant son chapeau supérieur, et on achève d'enrouler la chaîne sur l'ensouple.

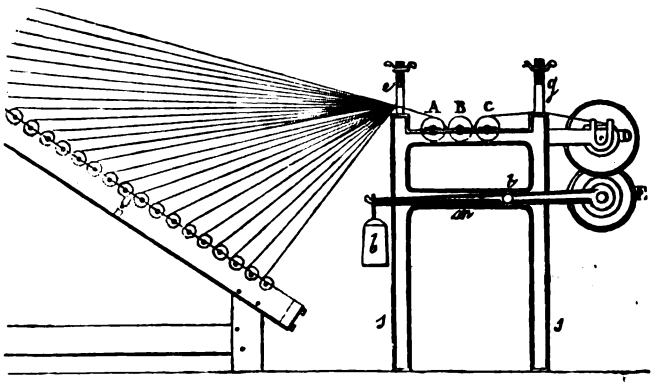
Ourdissoir mécanique. L'ourdissage que nous venons de décrire demanderait trop de temps si on l'appliquait

Digitized by Google

au tissage mécanique ; il a donc fallu imaginer un ourdissage mécanique.

La machine se compose (fig. 2445) d'une espèce de casier incliné, sur lequel on peut réunir plus ou moins de fils. Dans celle que nous représentons, il y a dans le sens de la largeur 10 rangées de bobines pleines et 36 dans le sens de la longueur, ce qui fait 360 bobines ou fils pour tout le banc; le plan ne représente que trois rangées, parce qu'on a supprimé les répétitions inutiles.

L'axe de ces bobines vient se loger dans une petite encoche le long des traverses parallèles *a a*, de manière à les maintenir fixes pendant le dévidage et à pouvoir facilement les enlever après, ou au besoin pendant l'opération. Chacun des fils *d*, après avoir été introduit entre les dents d'un peigne *e*, passe successivement sur le rouleau A, sous le rouleau B et sur le rouleau C. Ceux-ci placés dans un même plan horizontal sur le bâti *s s* de l'ourdissoir, tournent sur leur axe par la simple tension des fils de la chaîne, qui passent ensuite dans un second peigne *g*, après avoir été tendus par les règles *r*, et vont s'enrouler sur le cylindre D, que le tambour E entraîne dans son mouvement de rotation par l'effet de la pression directe qu'il exerce sur lui. Cette pression s'opère au moyen d'un poids *b* suspendu à l'extrémité d'un levier *m*, mobile sur un support *t*, et dont l'autre bout est réuni à l'axe du tambour E. Ce poids peut varier de 1 à 15 kil. suivant la finesse des fils; il faudra nécessairement l'augmenter avec leur grosseur. Le mouvement est donné au tambour par une poulie motrice, qui fait environ 95 tours à la minute.



2445.

Les ourdissoirs mécaniques ne sont pas toujours disposés comme nous venons de l'indiquer ; au lieu d'être établies sur un bâti incliné en amphithéâtre, les bobines sont quelquefois placées horizontalement sur des montants tout à fait verticaux. On préfère même cette dernière disposition, comme présentant plus de facilité pour remarquer les fils cassés ; lorsqu'un semblable accident arrive on dégrène aussitôt la machine pour l'arrêter et renouer les fils.

Encollage et parage. Les fils des chaînes, étant soumis à des mouvements assez rapides et à des chocs brusques pendant le tissage, ont besoin de pouvoir glisser facilement dans les dents du peigne et dans les boucles des lisses, et de présenter une résistance suffisante. Pour faciliter le glissement et augmenter la solidité des fils, on les enduit de colle ou parement.

Toutes les matières textiles, excepté la soie, sont encollées avant d'être tissées. L'opération se fait à la main ou mécaniquement, suivant que l'ourdissage est exécuté manuellement ou à la mécanique. Dans le premier cas, comme cela a lieu pour les fils de laine, on se borne à étendre la colle sur la chaîne avec des brosses; dans le second cas, celles-ci, trempées dans de la colle, sont mues par le moteur de la manière que nous indiquerons bientôt. La nature du parement employée varie avec celle des fils. La colle animale est exclusivement réservée aux laines, et la colle végétale aux fils de coton, de lin et de chanvre.

La colle animale paraît mieux convenir aux fils de laine, parce qu'elle pénètre davantage et conserve un certain degré d'humidité favorable au tissage. La colle végétale sur les fils de laine s'écaille en séchant, et leur donne une certaine roideur en faisant, comme on dit, *crioquer* la laine. Pour éviter ces inconvénients, nous avons quelquefois engagé à faire l'encollage en écheveaux. Nous avons vu avec intérêt que MM. Vay-son reprenaient ce moyen et se livraient à des expériences sur le parage des fils de laine, car c'est une des parties du tissage qui laissent le plus à désirer. La colle se fait généralement en cuisant des rognures de peau, que l'on applique sur la chaîne aussi également que possible.

L'encollage mécanique des fils végétaux est bien plus en progrès, et présente une facilité, une régularité et une économie telles, qu'on l'exécute même pour certaines étoffes de coton qui sont encore tissées à la main.

Avant de décrire les machines employées, nous allons donner quelques recettes de colles que nous avons pu obtenir de nos premiers établissements de tissage.

Première recette :

Fécule.	7k,50
Amidon grillé.	125k
Sulfate de cuivre.	500

Le sel de cuivre étant efflorescent, aide à la dessiccation et préserve la colle de la fermentation, de la décomposition et des atteintes des rats et des souris. La cuisson de cette colle est faite ordinairement à la vapeur.

Deuxième recette :

Fécule.	11k,500
Fécule grillée.	0k,500
Eau.	140k
Sulfate de zinc.	500

On fait bouillir à feu nu pendant trois quarts d'heure.

Troisième recette :

Fécule.	10k.500
Fécule grillée.	450
Sulfate de cuivre. . . .	200
Sulfate de zinc.	200
Eau.	105k

Cuite à feu nu pendant trois quarts d'heure.

Quatrième recette :

Eau.	130k
Fécule	13k
Fécule grillée.	1k,25
Sulfate de zinc.	730

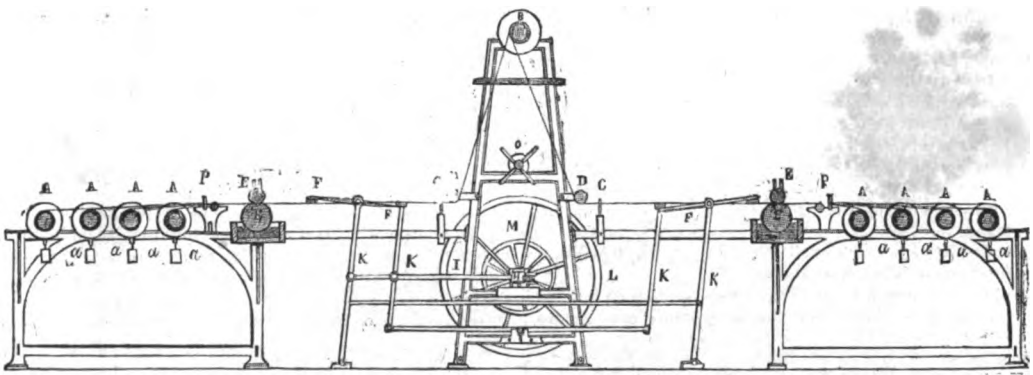
Cuite à la vapeur pendant vingt minutes. On préfère

Digitized by Google

ordinairement le sulfate de zinc, parce qu'il est incolore et moins cher.

Si, pour un tissu, on se contentait d'enrouler les fils de la chaîne sur deux rouleaux parallèles, comme nous l'avons indiqué précédemment, sans leur faire subir aucune préparation, il arriverait infailliblement que, par suite du travail qu'ils ont à supporter pendant l'opération du tissage, ils se détordraient presque tous à l'endroit des lisses qui les soulèvent, et se casseraient. Afin d'éviter cet inconvénient, et de leur conserver toute la force que leur a communiquée la torsion, on a soin de les enduire de colle qui, en séchant rapidement, les maintient dans la position où le métier à filer les a abandonnés.

La machine à parer et encoller les chaînes a donc pour but, de disposer les fils bien parallèlement avant de les enrouler sur le cylindre de derrière du métier à tisser, et de les enduire de colle en quantité suffisante pour qu'ils résistent au travail du tissage. A cet effet, elle se compose (fig. 2446) d'un bâti horizontal aux extrémités duquel sont des cannelures, en nombre suffisant pour recevoir les rouleaux A, A, A, en sortant de l'ourdissoir, chargés chacun d'un nombre de fils déterminé d'avance.



2446.

C et C sont deux peignes ou plaques en acier percées d'un grand nombre de fentes verticales très rapprochées. Les fils sont passés avec ordre dans ces peignes, chacun dans une dent, et vont de là se réunir aussi régulièrement que possible sur le cylindre B, placé à la partie supérieure d'un bâti vertical, après avoir passé préalablement entre les deux cylindres E E et sous le cylindre D. Au bout de quelques tours du cylindre B, la disposition des fils sur ce cylindre est aussi régulière que lorsqu'ils sortent des peignes.

Les cylindres E E sont destinés à coller les fils de la manière suivante :

Le cylindre inférieur est entouré de flanelle et plonge dans une auge pleine de colle liquide de farine; le cylindre supérieur est comme le premier entouré de flanelle, et sert uniquement à répartir la colle sur les fils aussi uniformément que possible.

F F sont des brosses douées d'un mouvement rectiligne alternatif et agissant en dessus et en dessous des fils, de manière à les bien imprégner de colle, et à ne leur en laisser que la quantité nécessaire.

En O est un ventilateur à force centrifuge, qui lance de l'air chaud sur les chaînes, afin qu'elles soient complétement sèches quand elles arrivent sur le cylindre B.

On imprime moyennement une vitesse de 130 à 140 tours à la minute à la poulie motrice. La vitesse du ventilateur est ordinairement de 400 révolutions dans le même temps.

Le chauffage des machines à parer et des ateliers où elles se trouvent a lieu le plus fréquemment et le plus convenablement par un tuyau de vapeur disposé transversalement sous le ventilateur de chacune d'elles. De cette façon le ventilateur aspire directement l'air chaud pour le diriger sur les fils. La température nécessaire à un atelier varie nécessairement avec l'état hygrométrique de l'air et avec la finesse des fils. Par un temps sec, 20 à 22° centigrades suffiront, tandis qu'il faudra jusqu'à 30 et 34° si l'atmosphère est chargée d'humidité. On comprend aussi que les fils fins sècheront toujours un peu plus facilement que les gros, ou dans le même temps avec 2 ou 3 degrés de chaleur de moins.

Préparations des fils pour trame. Des dévidages et des mouillages constituent les préparations des fils de trame avant de les soumettre au tissage. Les premiers ont pour but de les disposer sous la forme la plus convenable pour les loger dans la navette et pour faciliter leur développement de la manière la plus régulière, sans occasionner de perte de temps ni de déchet. Le mouillage n'a lieu que dans certains cas, toutes les fois que les fils ont besoin d'une grande flexibilité et que la quantité à loger dans l'unité de surface devient considérable, en un mot toutes les fois qu'il faut produire un tissu très serré et que la matière peut être exposée à l'eau pure ou à une eau savonneuse sans inconvénient, car ce n'est jamais qu'avec ces liquides qu'on la mouille

On a cherché à supprimer complétement l'opération intermédiaire du dévidage pour trame, en faisant produire aux métiers à filer des canettes assez parfaites et convenablement disposées pour pouvoir être placées directement dans la navette. Mais ce n'est encore que dans le filage du coton et en partie dans celui de la laine peignée qu'on est parvenu à obtenir ce résultat favorable. Les broches des métiers à filer sont garnies, comme on sait, de petits cylindres en carton autour desquels s'enroulent les fils sous forme de petits cônes qu'on nomme *canettes*.

On n'a jusqu'à présent pu atteindre cette condition avantageuse pour les autres matières, soit parce que les métiers à filer ne permettent pas d'y arriver, soit parce que la forme des navettes qui doivent recevoir les canettes exige des dispositions particulières. Quoi qu'il en soit, dans l'état actuel des choses, on est obligé d'avoir recours à des machines à faire les canettes, pour les fils de lin, de laine cardée, une partie de ceux en laine peignée et pour la soie.

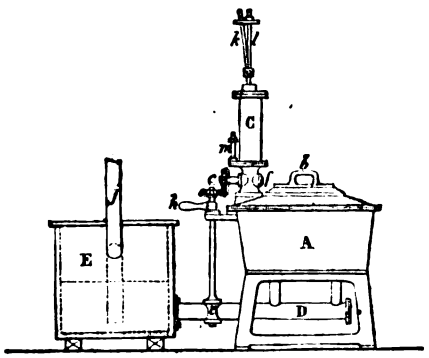
Les machines en usage sont assez variées. Pour le lin et la laine elles sont si simples et ont tant d'analogie avec la plupart des machines à dévider précédemment décrites, que nous avons cru pouvoir nous dispenser d'en donner un dessin spécial. Pour le lin, une seule

Digitized by Google

machine dévide un certain nombre de canettes à la fois; mais pour les laines et surtout pour les fils en laine cardée, au lieu d'employer un dévidoir pour produire également plusieurs canettes simultanément, on les forme généralement encore l'une après l'autre absolument comme cela se pratiquait avant l'application du travail mécanique. Les raisons qu'on donne pour opérer ainsi ont si peu de valeur que nous sommes convaincus de voir bientôt adopter les canettières par l'industrie des laines cardées. C'est pour le tissage de la soie que les machines à faire les canettes ont été le plus perfectionnées. Dans toutes, on se propose d'en former dont le fil soit régulièrement disposé autour de la petite bobine de manière à se dérouler facilement jusqu'au bout sans se mêler.

Mouillage des trames. Tous les fils pour trame, excepté ceux de la soie, sont susceptibles d'être mouillés dans certains cas, lorsqu'ils ne présentent pas assez de résistance ou lorsqu'on veut obtenir un tissu très serré par l'augmentation du nombre de duites dans l'unité de surface. On mouille les canettes soit à l'eau pure, soit à l'eau de savon. Ce dernier liquide est surtout employé pour les fils très fins, afin de faciliter leur glissement entre ceux de la chaîne et leur tassement dans l'angle formé par eux. Ce mouillage a lieu tantôt par une simple immersion des canettes dans le liquide dont on les retire pour les faire égoutter, mais le plus souvent on se sert d'une pompe. M. Kohler du Vieux-Thann a imaginé une petite pompe spéciale pour cette opération. Une seule de ces machines suffit pour le mouillage des canettes de 350 à 400 métiers.

Nous donnons (fig. 2447) une élévation de l'appareil de M. Kohler qui suffit pour le faire bien comprendre.



2447.

L'appareil se compose: du réservoir E qui contient l'eau pure ou la dissolution de savon; le tube *j* sert à l'arrivée de vapeur pour faire la dissolution de savon; de la caisse en fonte A dans laquelle on dispose les canettes à mouiller, et qui est hermétiquement fermée, et de la pompe C destinée à faire le vide, de façon à faire arriver le liquide par le tuyau D sur les canettes. Lorsqu'on a établi la communication entre cette caisse et le réservoir E, et qu'on l'a interceptée entre celle-ci et la pompe C, ce qui a lieu au moyen de la relation des deux roues d'angle *c* qui existent entre les deux robinets *e* et *f*, il suffit de diriger ceux-ci dans l'un ou l'autre sens par le manche *h*. Le petit tube *m* est une *éprouvette* pour indiquer le degré de raréfaction de l'air qui est ordinairement suffisante après 100 coups de piston qui sont imprimés par la tige K guidée dans des montants *ll* qui maintiennent la verticalité du piston. Pour disposer les canettes dans la caisse en fonte A, on les embroche d'abord au nombre de 15 à 20 dans de petits fuseaux en laiton; on les dispose dans des espèces de doubles fonds en fer-blanc percés de petits orifices qu'on place ensuite dans la caisse. On met autant de ces plateaux ou doubles fonds que la caisse en peut contenir, on replace ensuite le couvercle *b* et on fait mouvoir la pompe C. Le vide étant opéré, on intercepte la communication entre la pompe et la caisse pour la rétablir entre cette dernière et le tuyau D de la caisse E. On fait la même manœuvre deux ou trois fois suivant la grosseur des canettes ou qu'elles sont plus ou moins serrées; on ôte ensuite le couvercle *b;* on enlève les plateaux qu'on dépose sur la grille qui couvre l'appareil pour des laisser égoutter.

Remettage et armures. La chaîne étant enroulée et disposée convenablement sur un cylindre ensouple du métier à tisser, il s'agit d'établir la communication entre tous les fils et les leviers qui doivent les faire mouvoir, ce qui a lieu, comme nous l'avons vu, par l'entremise des *lisses* ou *lames*. L'opération qui a pour but de faire passer les fils dans celles-ci, et de leur faire occuper les places convenables pour pouvoir effectuer des croisements déterminés entre eux, se nomme *remettage*.

Nous avons déjà vu qu'il fallait au moins deux lisses pour faire l'étoffe la plus simple, et que ce nombre allait en augmentant à mesure que l'on veut obtenir des dessins plus compliqués par l'entrelacement des fils.

La réunion de lisses nécessaires à produire un effet déterminé est désignée sous le nom de *remise*.

Le nombre des lisses est toujours infiniment moindre que celui des fils d'une chaîne, chacune d'elles en reçoit par conséquent une assez grande quantité qui est généralement égale pour chaque lisse. Elle peut cependant varier dans certains cas, comme on le verra plus loin.

Après le remettage, il faut établir la communication entre les lisses et les leviers ou marches qui doivent leur transmettre le mouvement. Lorsqu'il y a plus de deux lisses, on peut les faire mouvoir dans autant d'ordres différents que l'on peut obtenir de permutations avec un nombre égal à celui des lisses, mais les effets de croisement différents qui en résultent sont assez limités et peuvent être déterminés à priori.

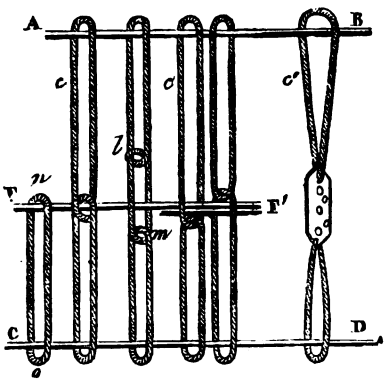
Les relations des lames avec les marches ont reçu le nom d'*armures*. Ce nom est également réservé aux entrelacements des fils qui en sont la conséquence.

Le remettage et la formation des armures reposent sur des principes du tissage qui ont tant de corrélations entre eux, qu'il nous a paru indispensable d'en donner une description simultanée; cependant nous croyons devoir expliquer auparavant avec quelques détails la construction des *boucles*, *mailles* et *maillons*, et des *lisses*.

Une maille est une boucle formée par une petite corde verticale destinée à livrer passage à un ou plusieurs fils de la chaîne. Un maillon, qui a la même destination, est un petit orifice, percé dans une plaque de verre ou toute autre matière solide, fixé également à une corde verticale. Une maille peut être formée de plusieurs boucles disposées les unes au-dessus des autres et un maillon peut être percé de plusieurs orifices superposés. La fig. 2448 représente différentes mailles et maillons; *c* est une maille à une boucle, désignée sous le nom de maille simple ou à crochet; *c'* est une maille composée de deux boucles réunies et est nommée maille à *coulisse*. La maille *l m*, est une maille à grande coulisse composée d'une seule boucle allongée dans laquelle le fil peut glisser de haut en bas et de bas en haut. On désigne enfin sous le nom de maille à culotte une demi-maille *n o* fixée par sa partie inférieure à la lisse et qui sert dans certains cas spéciaux à rabattre les fils qui sont passés dans une maille à grande coulisse; F et F' représentent les fils passés dans les mailles. Le maillon *c''* est figuré avec trois orifices *o o*. Une lisse

Digitized by Google

ou une lame est composée de l'assemblage d'un plus ou moins grand nombre de mailles de même espèce réunies verticalement et parallelement entre elles au moyen



2448.

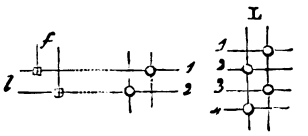
de deux petites règles en bois AB, CD, nommées *lisserons* ou *lamettes*. Les lisses sont presque exclusivement réservées à la production des étoffes unies des trois premiers genres, on ne s'en sert que comme moyens accessoires dans le tissage des étoffes façonnées. Les maillons qui peuvent se mouvoir isolément servent au contraire à produire les tissus façonnés dont chaque fil doit au besoin pouvoir être mû séparément.

Nous allons d'abord décrire le remettage et les armures employés pour les tissus unis. Ne pouvant nous étendre longuement sur cette spécialité, nous chercherons surtout à en faire saisir les principes élémentaires. L'emploi des armures est d'ailleurs moins fréquent depuis que la machine à la Jacquart a été propagée. Dès que le nombre de lisses dépasse une certaine quantité, une trentaine par exemple, il est plus avantageux de leur substituer la mécanique à la Jacquart.

Armures fond de toile ou taffetas. De tous les tissus, les plus simples sont les toiles et la batiste pour le chanvre et le lin; la mousseline et les cotonnades en général pour le coton; le drap ordinaire pour la laine; le taffetas pour la soie. Le tissage de toutes ces étoffes est exécuté absolument de la même manière. Il n'y a de différence entre elles que dans la nature et la finesse des fils, et par conséquent dans leur quantité. Si on examine ces tissus à la loupe, si on les défile, on s'apercevra facilement qu'ils présentent les croisements indiqués dans les fig. 2438 et 2439. La fig. 2438 donne la surface de l'étoffe; on a représenté les fils *f f* de la chaîne, et les fils *t* de la trame écartés entre eux pour les faire mieux distinguer. On voit (fig. 2439) les deux positions relatives après deux coups de battant successifs; *r r* représentent les deux baguettes d'enverjure qui divisent les fils de la chaîne en deux parties égales.

La fig. 2449 donne la disposition du remettage et de l'armure qui doivent être adoptés dans ce cas.

Pour indiquer le premier, on trace autant de lignes horizontales *l l*, qu'on doit employer de lisses, et autant de lignes verticales *f f* qu'il faut de fils pour le genre de croisements que l'on veut obtenir avant de revenir à la première lisse. Le nombre de fils nécessaire pour exécuter le tracé d'un remettage, est ce qu'on nomme un *cours*, ou une *course*; pour le cas dont il s'agit, la course se reduit à deux fils; si donc, on avait dans la chaîne un nombre considérable de fils *l*, *l*, le tracé du remettage indiquerait que tous les fils pairs doivent être passés dans les mailles d'une lisse, et les fils impairs dans celles de l'autre. Pour le tracé de l'armure qui détermine l'ordre du mouvement des lisses, les lignes horizontales 1 et 2 (fig. 2449) indiquent encore les lisses,



2449.

2450.

et les lignes verticales désignent les leviers ou marches.

Pour l'armure taffetas, ou fond de toile dont nous nous occupons, chaque lisse a, par conséquent, sa marche; il suffit donc d'appuyer sur l'une ou l'autre pour entraîner la lisse correspondante et les fils qu'elle porte.

Ordinairement, on réunit les deux lisses par une corde (fig. 2440) que l'on fait passer sur la poulie *p* en appuyant sur l'un des leviers L; la lisse correspondante descend pendant que l'autre monte, et les fils *f f* fixés par leurs deux extrémités aux cylindres forment alors le parallélogramme G H I K, dont l'angle *a* près de l'ouvrier est celui dans lequel on chasse la duite. Au mouvement suivant, la lisse 1, qui précédemment était élevée, est foulée, tandis que la lisse 2 s'élève. Le même parallélogramme G H I K se reforme avec cette différence, que les fils qui en formaient dans le premier mouvement les côtés supérieurs, en composent maintenant les côtés inférieurs et réciproquement.

Lorsqu'une chaîne contient une très grande quantité de fils, comme par exemple, pour certains taffetas, au lieu d'employer deux lisses, on en emploie quatre, afin que chacune ne porte que le quart des fils et que le mouvement soit allégé. Cette division entre un plus grand nombre de lisses, donne plus de facilité pour arriver à une tissure régulière. Le remettage, dans ce cas, s'exécute comme l'indique la fig. 2450; 1, 2, 3, 4, sont les lisses, et L L les marches. La course de remettage est alors de quatre fils, et chaque marche L fait mouvoir deux lisses; 1 et 3 se meuvent ensemble dans un sens, pendant que 2 et 4 se meuvent dans le sens opposé, car les lisses sont attachées deux à deux à une même corde, comme les précédentes, et leur mouvement a lieu de la même manière.

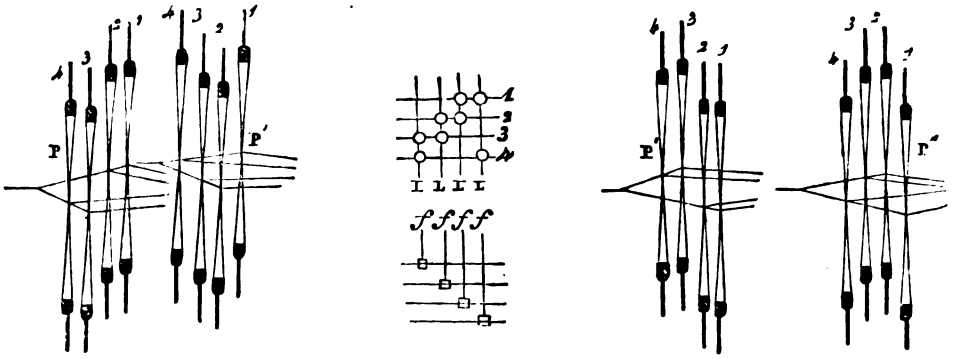
Il est évident que pour ce genre de tissus deux passages successifs de la trame suffisent pour que tous les fils de la chaîne aient été couverts et découverts de la même manière sur la largeur qu'elle embrasse; il s'ensuit aussi que le tissu présente identiquement le même aspect des deux côtés, qu'il est par conséquent sans envers.

Armure batavia ou croisée. Avec deux lisses il est impossible d'obtenir une autre croisure que celle que nous venons d'indiquer. Lorsqu'on voudra produire des aspects plus compliqués, il faudra nécessairement en augmenter le nombre. Nous venons de démontrer qu'avec quatre lisses, on pouvait produire l'armure fond de toile; nous allons voir qu'avec le même nombre de lisses, le même remettage et une modification dans le mouvement des lisses, on parvient à obtenir une croisure différente et un effet nouveau. Au lieu de faire mouvoir les deux paires de lisses alternativement, on fait mouvoir les quatre lisses de manière que chacune se meuve deux fois de suite; une fois avec la lisse qui la précède, et une fois avec celle qui la suit. Cette combinaison du mouvement

Digitized by Google

des lisses produit l'armure, connue sous le nom d'armure *croisée* ou *batavia*; toutes les étoffes croisées sont tissées avec celle-ci, que nous allons expliquer en détail.

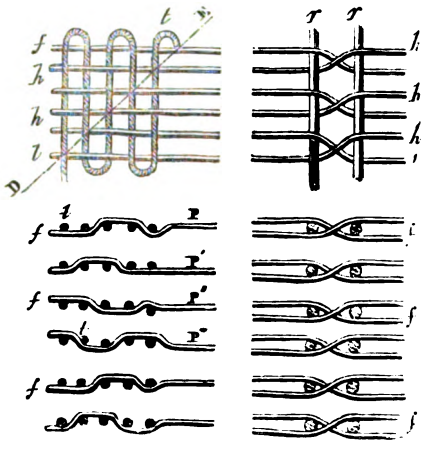
2453.



2455. 2456. 2454. 2457. 2458.

La fig. 2451 indique la disposition des fils dans le tissu. On remarque que les baguettes d'enverjure r r

2451.



2452.

de la chaîne sont passées de manière à séparer par moitié les fils en les croisant. Les coupes de la fig. 2452 montrent comment sont disposés les fils de la trame, par rapport à ceux de la chaîne, après chaque mouvement. La fig. 2453 donne l'ordre du remettage, et la fig. 2454 la disposition de l'armure, c'est-à-dire l'ordre dans lequel les marches doivent soulever les lisses. Quand le remettage a été exécuté comme l'indique la fig. 2453, c'est-à-dire quand on a passé successivement chaque fil de la chaîne dans les lisses 1, 2, 3, 4, qu'on a répété cette opération un nombre de fois égal à celui des fils de la chaîne divisés par 4; chacune d'elles est chargée d'un même nombre de fils, et leur mouvement doit être exécuté d'après les indications de la fig. 2453 dans laquelle L L, indiquent les 4 marches, et les chiffres 1, 2, 3, 4, les 4 lisses. Les fig. 2455, 2456, 2457 et 2458, montrent comment le mouvement des lisses s'opère et donnent les coupes correspondantes aux croisements opérés par les quatre positions P P' P'' P''' de l'armure que nous venons d'indiquer. Afin d'embrasser plus facilement les quatre mouvements différents de l'armure, nous allons les indiquer dans un seul tableau.

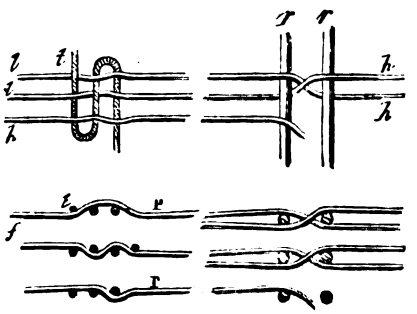
Positions des lisses :

Dans les mouvements.	Lisses levées.	Lisses baissées.
P	2 et 4	1 et 3
P'	1 » 4	3 » 2
P''	1 » 3	2 » 4
P'''	3 » 2	1 » 4

Il résulte de ces positions, combinées au remettage fig. 2453, que les croisements affectent une direction diagonale (fig. 2451). C'est la succession de ces diagonales qui produit dans les tissus croisés les sillons parallèles qui les caractérisent. Ceux-ci peuvent être plus ou moins sensibles et diversifiés suivant que la grosseur des fils varie ou que les entrelacements s'exécutent en les reculant d'un ou de plusieurs à chaque mouvement, et suivant qu'on fait usage de fils ordinaires ou qui ont reçu une torsion spéciale.

Armure sergée. Si au lieu de quatre lisses, on n'en

2459.



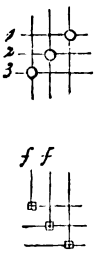
2460.

emploie que trois correspondant chacune à une marche L, L, L, pouvant se mouvoir isolément, on produira

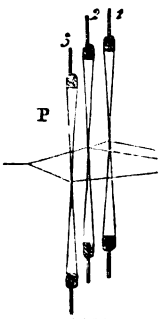
Digitized by Google

encore un tissu croisé ; il suffira pour cela de leur imprimer successivement les positions représentées par les fig. 2459 et 2460. Les effets des croisements à chaque duite sont figurés en P P' P" (fig. 2463, 2464 et 2465) et la fig. 2461 donne l'entrelacement que les fils offrent à la surface des tissus. Cette armure a reçu le nom d'*armure sergée*. Elle se reconnait par des sillons plus petits et plus serrés que ceux de la précédente. Les étoffes sergées sont très solides, puisque les liaisons ont lieu fil à fil ; aussi les emploie-t-on surtout pour les tissus communs qui doivent offrir une grande résistance.

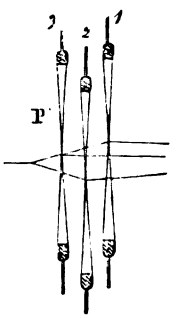
2461.



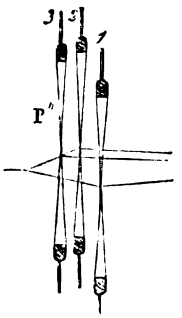
2462.



2463.



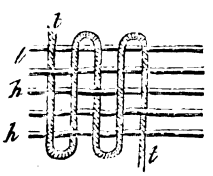
2464.



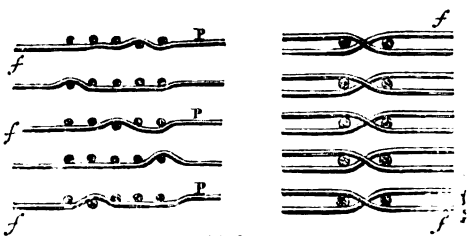
2465.

Armure satin. L'armure que nous venons de décrire change de nom lorsque, au lieu d'opérer avec trois lisses, on agit avec un plus grand nombre. Elle prend alors le nom d'*armure satin*. On ne fait guère de satin avec moins de cinq lisses. Cette quantité va en augmentant avec la richesse et le brillant que l'on veut donner aux tissus ; on fait des satins de 5, de 7, de 8, de 12 et de 16 lisses ; on dépasse rarement ce nombre. Nous donnons l'exemple d'un de cinq lames ; la fig. 2468 indique son remettage, qui est toujours suivi à la course ; la figure 2469 représente le tracé de son armure. Les figures 2470, 2471, 2472, 2473 et 2474 donnent les différentes positions des lisses qui résultent de chaque mouvement de marche. La figure 2467 fait voir les croisements des fils de la trame et de la chaine correspondant aux cinq positions P, P', P", P"', P"". Enfin, la fig. 2466 indique l'aspect que présentent les fils à la surface du tissu. Une armure satin, d'un plus grand nombre de lisses, ne serait pas plus difficile à comprendre. L'inspection des coupes de la fig. 2467 démontre que, dans ce genre de tissu, ce sont les fils *t t t* de la trame qui sont les plus en évidence. Or, ceux-ci sont toujours moins tordus que ceux de la chaine. Les premiers réfléchissent, par conséquent, davantage la lumière et sont plus brillants ; c'est ce qui explique la cause de l'apparence qu'offrent ces variétés en général. Ils sont, en effet, d'autant plus éclatants qu'ils ont été produits avec le concours d'un plus grand nombre de lisses, puisqu'alors la quantité de trame devient de plus en plus dominante et le nombre des solutions de continuité des liaisons visibles diminue. Les satins sont dits, dans ce cas, à *effet de trame* ; si, au contraire, les rôles sont renversés, c'est-à-dire si le mouvement

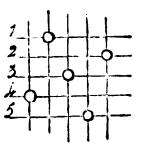
2466.



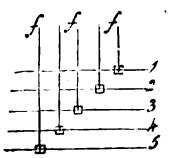
2467.



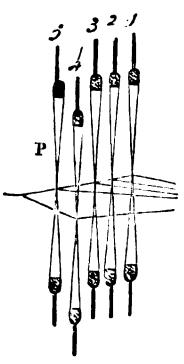
2468.



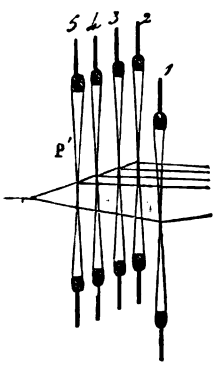
2469.



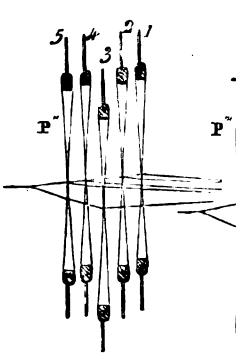
2470.



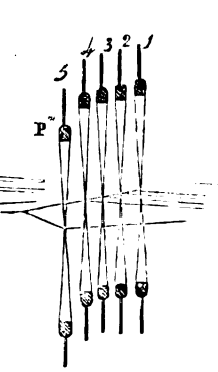
2471.



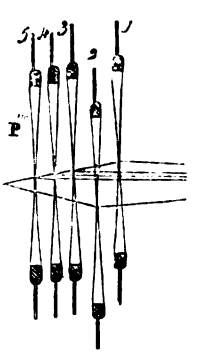
2472.



2473.



2474.



Digitized by Google

des lisses était tel, que celles qui levaient restassent baissées et *vice versâ*, on aurait un satin à effet de chaîne.

Toutes les variétés de croisements ou d'armures obtenus par des lisses seulement, peuvent être ramenées aux quatre fondamentales que nous venons de décrire. Nous devons cependant dire quelques mots des effets divers qu'on parvient à réaliser en variant le remettage. Dans celui qui a été donné, on se borne à passer successivement les fils les uns après les autres dans les lisses, suivant l'ordre de leur position, en commençant à gauche de l'ouvrier, par celle qui s'en trouve la plus éloignée, et en finissant par celle qui en est la plus rapprochée : c'est ce qui lui a fait donner le nom de *remettage suivi*. On sait qu'après une course, on recommence de nouveau par la première lisse, et on continue dans le même ordre que précédemment.

Remettage suivi à retour. Au lieu de suivre la marche que nous venons d'expliquer, on peut faire le remettage dans un ordre différent, soient 1, 2, 3, 4, les lisses d'une armure ou d'une remise; *fff*, les fils à remettre; après avoir passé ceux-ci successivement dans les lisses 1, 2, 3, 4, au lieu de recommencer la seconde course par celle 1, comme pour le précédent, on la recommence, au contraire, par celle 3, puis celle 2, pour revenir à la première. C'est de cette marche rétrograde régulière qu'est venu le nom de remettage *suivi à retour;* par cette modification on peut obtenir de petits dessins à *chevrons*. Le mode d'opérer varie surtout pour les fils destinés à former des tissus façonnés, lorsqu'on a des dessins compliqués a produire.

Remettage interrompu. Souvent le passage des fils ne peut avoir lieu qu'irrégulièrement de manière que les quantités pour chaque lisse varient. Tous les remettages de ce genre sont des *remettages interrompus*.

Dans les armures que nous venons de décrire, les lisses sont destinées à concourir à la production d'un même effet; elles se meuvent dans un ordre déterminé qui est constamment répété. Il n'en est pas toujours ainsi.

Remettage par deux ou plusieurs remises. Il y a trois cas principaux dans lesquels les tissus exigent plusieurs remises : 1° lorsque la chaîne contient une quantité considérable de fils, on les partage en plusieurs remises pour faciliter leur mouvement; 2° lorsqu'on veut produire des étoffes doubles ou à poils, il est nécessaire d'employer deux chaînes, l'une servant à la manœuvre des fils de fond, et l'autre à celle des fils de la seconde ou du poil; 3° lorsqu'un dessin présente certains effets compliqués, chaque remise en produit une partie. Ce remettage a été désigné sous le nom de *remettage sur deux* ou plusieurs *remises*. Lorsqu'il a lieu par parties avec des maillons, on l'appelle *remettage à plusieurs corps*.

La description des moyens employés pour produire les étoffes velues ou à poils dont les velours offrent de si beaux échantillons, nous fournira un des exemples les plus simples d'un remettage sur deux remises.

Opérations préliminaires des tissus du deuxième genre de la première classe. Les tissus de velours les plus simples sont formés par la superposition de deux chaînes entrelacées l'une dans l'autre : celle inférieure sert à composer le fond ou corps du tissu; la supérieure est



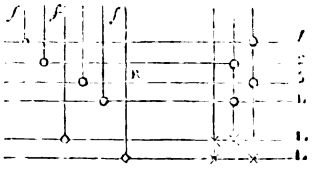
2475.

destinée à former le poil de l'étoffe. La fig. 2475 donne une coupe faite dans l'épaisseur d'un tissu de velours pour faire saisir plus clairement les fonctions de chaque système de fils; *a a*, représentent la chaîne; les petits cercles *c*, indiquent la trame dans la partie tissée; *b*, les fils de la seconde chaîne destinée à former le poil ou la peluche, et qui se rencontrent avec celle du fond à l'angle *e*. Le tisserand place dans cet angle une baguette en cuivre B ou *fer*, qui occupe toute la largeur de l'étoffe; elle est par conséquent disposée au-dessous des fils de la peluche et au-dessus de la chaîne du fond. Un des côtés de ce fer est aplati, l'autre a une rainure sur toute sa longueur. L'ouvrier est muni d'au moins deux de ces baguettes placées et retirées successivement dans les boucles, à mesure qu'on les exécute. Il est nécessaire de ne pas enlever les deux à la fois pour que ces boucles ne puissent se défiler. Lorsque le velours doit présenter une surface à poil, on coupe avec un petit couteau ou *rabot* spécial le sommet des boucles *d d* (fig. 2476) avant de retirer



2476.

la baguette. Lorsqu'au contraire on veut produire ce qu'on nomme des *velours épinglés ou frisés*, on ôte la baguette et la boucle reste formée, comme on le voit en B B (fig. 2476). Les détails succincts que nous venons de donner sur la constitution des tissus de velours doivent faire comprendre la nécessité d'opérer sur deux chaînes de différentes longueurs. En effet, la première n'a besoin que de la longueur que l'on veut donner à l'étoffe, mais la seconde doit être assez longue pour former l'étendue des boucles. Ce nombre est connu dans chaque cas particulier, la hauteur des baguettes étant également déterminée. Ce produit du nombre des boucles, par leur développement autour d'une baguette, donnera la longueur totale de la chaîne nécessaire à la formation de la peluche. On conçoit qu'elle sera variable avec la hauteur et le nombre de ces fers, qui sont en général proportionnels à la beauté de l'effet que l'on veut obtenir ; il n'est pas rare de voir des velours ayant vingt-cinq boucles par centimètre. Le rapport le plus généralement établi entre la longueur de deux chaînes, pour un velours de bonne qualité, est de un à six, c'est-à-dire que la chaîne supérieure a six fois la longueur de celle inférieure.



2477.

La fig. 2477 indique à gauche le remettage, et à droite l'armure; cet exemple présente le cas d'un coup de fer contre quatre coups de fond ; très souvent on diminue le nombre de ces derniers avec la force du velours. La figure donne la disposition des remises dans lesquelles passent les chaînes *f f'*, venant des deux ensouples *c c'*, pour être tissées en B où l'on a simulé l'étoffe formée. Elle montre que la course du remettage se compose de deux fils de la chaîne du fond passés dans les lisses L L' pendant que ceux de la chaîne de la peluche s'engagent dans les lisses 1, 2, 3, 4 de la seconde remise.

Ce que nous venons de dire est surtout applicable

Digitized by Google

au tissage des velours de soie. Celui des velours de coton diffère du précédent par la direction qu'on donne à la partie veloutée; au lieu d'être formée, en coupant les fils de la chaîne supérieure dans le sens de la trame, et par conséquent perpendiculairement à leur direction, elle l'est au contraire par la section longitudinale dans le sens de la chaîne, qui a été tissée simple ou double sans l'insertion des baguettes, comme nous le verrons plus loin.

Le coupage, au lieu d'être fait pendant le tissage même, est exécuté après sur la pièce entière. En France, il est encore pratiqué à la main; en Angleterre, on est parvenu à le faire à la mécanique. ce qui donne avec économie d'excellents résultats.

Opérations préliminaires des tissus du troisième genre de la première classe. — Étoffes de gazes ou à jours, de fils mixtilignes.

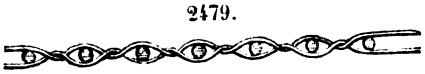
Nous allons indiquer en quelques mots les principes du remettage et des armures de gazes avant de passer aux opérations préliminaires que nécessitent les étoffes façonnées.

Les tissus à jours sont formés par l'entrelacement d'une chaîne et d'une trame comme tous ceux que nous avons examinés jusqu'ici, avec cette différence qu'ils présentent des espacements de grandeurs marquées et égales entre les deux systèmes de fils qui proviennent du

2478.



2479.



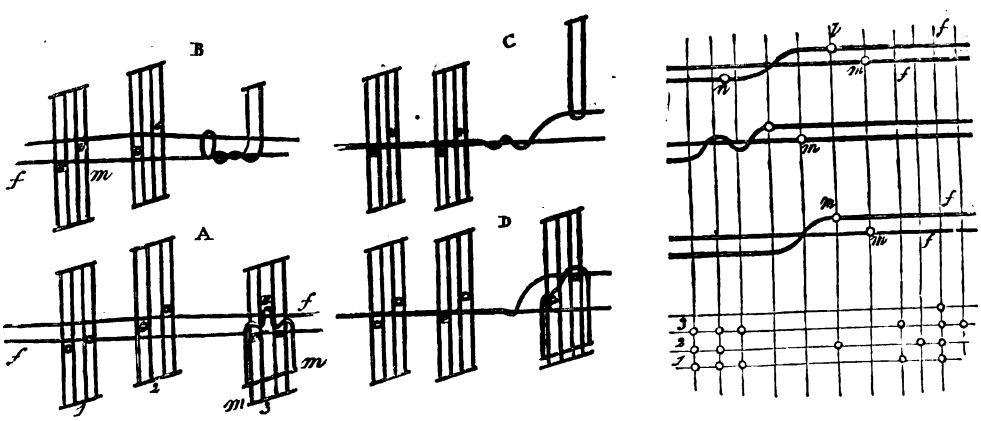
2480.

l'ourdissage. Pour que cet effet puisse être produit, il faut nécessairement que ceux qui doivent tourner autour des autres soient moins tendus qu'eux et que le remettage en soit fait d'une manière particulière. Il faut de plus qu'ils soient disposés sur un ensouple séparé. Les fils rectilignes des étoffes de gazes conservent le nom de *fils droits ou fixes*. Ceux de révolution sont nommés *fils de tours* ou *tours anglais*. Chacun d'eux, au lieu de se lever et de se baisser alternativement, comme cela a lieu pour les tissus ordinaires, ne peut se mouvoir que dans un sens. Celui fixe est toujours baissé et celui de tour au contraire est toujours levé. Le mouvement de ce dernier n'est effectué que de deux en deux coups de trame. Pour qu'ils produisent les révolutions que nous venons de décrire, il faut des dispositions de remettage et de lisses particulières. Les fig. 2480 et 2481 montrent ces dispositions.

Les fils passent en même temps dans deux lisses ordinaires 1 et 2, dont la première se nomme *lisse fixe*, parce qu'elle reçoit le fil droit, et la seconde *lisse de correspondance*, parce qu'elle sert comme intermédiaire à établir le croisement *avec une lisse anglaise à culotte*. Celle-ci est composée de la réunion de deux lisses entières et d'une demie. La première *m*, en est une à coulisse qui ne se lève pas, et qui reçoit par conséquent également le fil fixe; la seconde *m'* est une maille à coulisse qui se lève au contraire à un intervalle de deux coups de trame. Les deux se trouvent réunies par une demie *r*, qui est comme à cheval sur elles. C'est cette dernière qui reçoit le fil de tour après son passage dans la première à coulisse et qui, pour traverser la demi-maille, est obligée de passer sous le fil fixe.

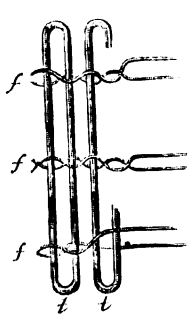
Tissus façonnés. Nous savons que par l'emploi des lisses il est impossible d'arriver à des effets très variés

2482.



2481.

vide réservé entre eux lors de l'ourdissage. Les figures 2478, 2479 et 2483 sont une configuration de la disposition relative des fils grossie pour mieux faire saisir leur mode d'entrelacement. On voit qu'une de leurs parties suit la direction rectiligne, que les autres enveloppent les premiers en faisant une certaine révolution autour d'eux. Les fils *t* sont droits et ceux *f* sont contournés autour d'eux. Ce mode d'entrelacement est convenable pour maintenir parfaitement les vides réservés par



2483.

sans une grande complication dans le montage du métier, une perte de force et de nombreuses chances d'erreurs. En effet, comme nous l'avons vu, les dessins que l'on peut obtenir par l'entremise des lames, sont bornés aux figures qui seraient formées par des lignes droites de longueurs assez sensibles. Ces moyens deviennent donc insuffisants lorsqu'il s'agit de reproduire, par le tissage, les ornements les plus délicats, d'imiter les gravures en taille-douce ou l'impression la plus parfaite. Aujourd'hui, cependant, nous retrouvons à chaque pas des preuves qui indiquent que la solution de ces problèmes n'offre plus aucune difficulté et peut à peine exciter notre curiosité. Il n'en était pas de même lorsque, à l'exposition de 1825, l'habile professeur de l'École de la Martinière, M. Maisiat, vint démontrer les immenses ressources que pouvait offrir le métier à la

Digitized by Google

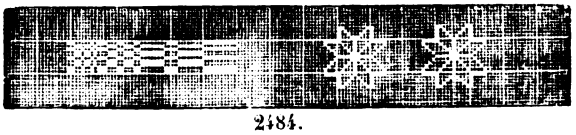
Jacquart, en exposant le testament de Louis XVI encadré de magnifiques ornements. Tout le monde admira alors la parfaite exécution de ce véritable chef-d'œuvre. Depuis, chacune de nos expositions brilla par de remarquables tissus de ce genre. A celle de 1844, on a vu la belle tête de Jacquart reproduite avec la pureté du burin par les moyens si simples de son invention. Cette découverte a réellement quelque analogie, par sa simplicité et par sa nature, avec celle de l'imprimerie. On commettrait cependant une grave erreur en attribuant à notre époque la connaissance de tous les artifices qu'exige le tissage des étoffes façonnées, car ils sont connus depuis plusieurs siecles, ainsi que nous l'avons déjà constaté : l'industrie contemporaine a simplifié les moyens, grâce à la diffusion des connaissances mécaniques : nous aurons souvent occasion d'appuyer la vérité de ces assertions dans les descriptions qui vont suivre.

Composition des dessins. Les sujets de dessins façonnés sont quelquefois copiés sur des tableaux ou ornements déjà existant sous une forme quelconque; mais le plus souvent ils sont l'œuvre des dessinateurs spéciaux pour les tissus. Les connaissances qu'exige cette spécialité sont donc plutôt du ressort des beaux-arts que de celui de l'industrie proprement dite; il ne suffit cependant pas d'être un habile dessinateur pour réussir complétement dans ce travail : il faut encore que l'artiste soit bien pénétré des moyens qui seront employés pour réaliser son œuvre, afin de chercher à rendre cette exécution plus facile, plus économique, et à faire en sorte que l'harmonie des couleurs soit toujours observée. Pour remplir ces conditions et surtout la dernière, le dessinateur doit savoir que le mariage des nuances a lieu au tissage par la liaison de fils qui réfléchissent et absorbent diversement la lumière suivant qu'ils sont plus ou moins tordus ou qu'ils sont employés dans telle ou telle direction.

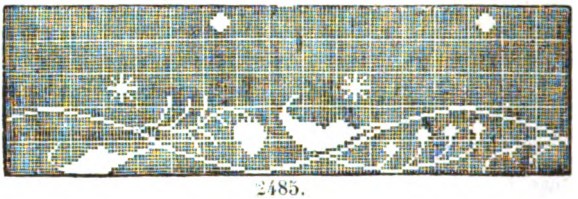
Mise en carte. L'opération de la mise en carte vient immédiatement après la composition; elle a pour but de retracer sur le papier le dessin à tisser, en indiquant la position de chaque fil de la chaîne et de la trame et l'effet qu'ils devront produire dans l'étoffe. Ceux auxquels on peut arriver par les armures se concevant facilement à priori et les moyens à employer étant simples et limités, ce genre de tissage n'exige par conséquent pas *la mise en carte.*

Ce que nous allons dire concerne donc essentiellement les tissus façonnés, quoiqu'on puisse l'appliquer à tous les genres sans distinction.

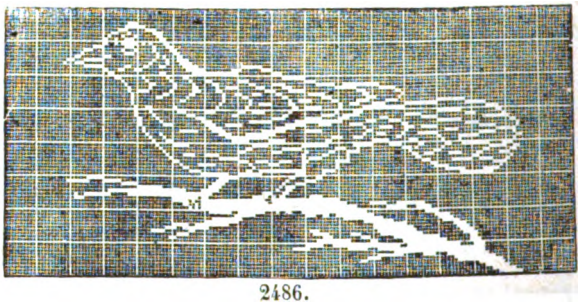
Pour indiquer toutes les positions relatives des fils de la chaîne et de la trame dans le sujet qu'on veut tisser, on le dessine sur un papier quadrillé, de telle sorte que les lignes verticales figurent les fils de la chaîne et les horizontales ceux de la trame. En colorant ensuite le dessin avec les teintes qu'on lui destine, on jugera facilement à l'avance de l'effet qu'offrira l'étoffe fabriquée. C'est ce tracé reproduit sur le papier quadrillé qu'on a désigné sous le nom de *mise en carte.* Le dessin ou l'esquisse étant arrêtée, on divise sa surface en petits carrés qui doivent servir de points de repère pour la transporter sur la mise en carte (1). Le nombre des petits carrés sur l'esquisse doit, par conséquent, être en rapport avec celui des grands du papier quadrillé nécessaire à la mise en carte du dessin. Les fig. 2484, 2485 et 2486 donnent un exemple d'un dessin mis en carte exécuté sur du papier quadrillé nommé du 10 en 10. On voit en effet que chaque carré principal est subdivisé en 10 parties sur chacun de ses côtés; ce sont les



2484.



2485.



2486.

carrés principaux qu'on avait d'abord tracés sur l'esquisse de grandeur naturelle. Chacun des petits carrés occupe la place d'un fil; les interlignes de ceux horizontaux représentent les fils de la trame, et les verticaux ceux de la chaîne. La réduction du tissu, c'est-à-dire le rapport entre les nombres des fils de la chaîne et de la trame pour l'unité de mesure, étant déterminée, on comptera donc chaque petite division comme l'un de ces fils et on indiquera sur le papier quadrillé la place de chacun d'eux dans le dessin à exécuter, comme on le voit dans les figures. Il suffit de lui donner une teinte enluminée ou plus foncée pour se rendre compte de la quantité de fils qu'il embrasse. Comme chaque petit carré ne représente qu'un seul fil, et qu'ils occupent toujours un espace bien plus considérable que celui qui leur est réellement nécessaire dans le tissu ou dans le dessin exécuté de grandeur naturelle, il en résulte que la mise en carte exige toujours une surface plus considérable que celle du dessin exécuté. Celle-ci sera à celle de la première comme l'intervalle des carrés est à la distance entre les fils. Si donc la grandeur d'un carré est double de la distance entre les fils du tissu, la mise en carte occupera une place double de celle de la figure à tisser : ce rapport est généralement plus grand.

Il n'y a rien d'absolu dans la division des papiers quadrillés. On peut les faire établir suivant le besoin et la variation des réductions. Cependant on se sert le plus communément de celui dont chaque division principale forme un carré parfait divisé en 10 autres plus petits. C'est ce qu'on nomme du papier de 10 en 10, et la surface du carré contient par conséquent 100 divisions. Les papiers quadrillés existent dans le commerce en différentes grandeurs, et portent les numéros 1, 2, 3, suivant les réductions. Ceux ayant les plus grands interlignes ser-

(1) L'invention de la mise en carte remonte à 1770; elle est attribuée à Revel, peintre d'histoire assez médiocre, qui eut le premier l'idée de reproduire des fleurs sur les étoffes, et qui, après quelques essais, arriva aux moyens pratiques aujourd'hui pour la mise en carte. L'idée de colorier la mise en carte se présenta bientôt; on en fit usage dès 1774, et on la doit à Philippe de la Salbe.

Digitized by Google

vent aux tissus dont les fils sont les plus gros ou les plus espacés.

On distingue ensuite des divisions

de 8 en 5,
de 8 en 6,
de 8 en 20,
de 10 en 12,
de 12 en 25.

Au lieu de diviser le papier en carrés parfaits, on le divise aussi en rectangles. Les nombres ci-dessus indiquent le rapport des côtés. Comme on emploie autant que possible les papiers réglés en correspondance avec les réductions en trame et en chaîne, si l'unité de surface, le centimètre carré par exemple, renferme autant de duites que de fils de chaîne, il est clair qu'il faudra se servir de papier dont le nombre de carrés de la base sera égal à celui de la hauteur, afin de représenter plus fidèlement la configuration des fils tels qu'ils seront disposés dans le tissu; si les réductions varient, il faudra choisir un numéro et des divisions le plus possible en rapport avec cette variation.

Il est de convention d'énoncer toujours en premier les nombres des fils de la chaîne; la désignation d'un papier de 8 en 10, indiquera donc que le rapport des fils de la chaîne à ceux de la trame sera :: 8 : 10 et ainsi de suite. Le papier réglé en petits carrés n'est pas le seul employé pour la mise en carte. On se sert assez souvent, surtout pour la fabrication des châles, de papier briqueté. Les divisions, au lieu de représenter des carrés parfaits, sont des rectangles offrant la figure de petites briques, disposées comme elles le sont ordinairement dans la maçonnerie, c'est-à-dire joints sur plein et *vice versâ*. Cette modification du papier de mise en carte permet de lier deux fils à la fois, d'économiser par conséquent la moitié du lisage et d'apporter par suite une économie proportionnelle dans le montage du métier. Nous reviendrons sur cette méthode imaginée par M. Eck en 1823.

La mise en carte ne servant que comme moyen intermédiaire pour le tissage du dessin, et pour désigner d'une manière exacte et detaillée les points où les fils de la chaîne ou de la trame doivent être vus ou cachés; ou, en d'autres termes, pour indiquer tous les contours que ces fils doivent déterminer dans leur entrelacement, il s'agit maintenant de démontrer comment on parvient à résoudre le problème posé, c'est-à-dire comment on réalise ce que demande la mise en carte.

Remarquons d'abord que tous les points foncés ou noirs marquent des points où les fils de la chaîne doivent être apparents, tandis que tous les autres qui présentent une nuance plus claire désignent la trame. Il faut donc que tous les fils de la trame qui correspondent aux points noirs, soient recouverts par la chaîne, et que celle-ci soit cachée par les fils de la trame apparents. Il faut par conséquent que dans le premier cas ceux de la chaîne soient baissés ou restent immobiles pour se laisser recouvrir par la duite en cet endroit, tandis que dans le second ils doivent être soulevés pour laisser passer la duite au-dessous d'eux; le travail se borne d'après cela à faire mouvoir ces différents fils aux places déterminées par la mise en carte. Quant au mouvement de la trame, il reste toujours le même; la duite passe à chaque course dans toute la largeur de l'étoffe. Les effets variés qu'elle produit ne proviennent que du plus ou moins grand nombre de fils dessus ou dessous lesquels elle passe. Seulement lorsqu'il s'agit de tramer en diverses couleurs, on emploie autant de *canettes* qu'il faut de nuances, en ayant soin de bien observer leur ordre tel qu'il a été indiqué par la lecture du dessin.

Pour pouvoir faire agir à volonté d'une manière indépendante tous les fils de la chaîne, chacun d'eux est fixé à une aiguille verticale (nous verrons dans la description des métiers à tisser comment cette communication est effectuée). Chacune de ces aiguilles a par conséquent son petit carré correspondant sur la mise en carte; en levant, pour fournir le passage à la duite, toutes celles dont les places indiquent que les fils de la chaîne doivent être apparents seront soulevées avec ceux qui y sont fixés, et il est évident que l'effet sera obtenu puisque celles qui n'auront pas été levées, se laisseront recouvrir par la trame.

Mais on conçoit que s'il fallait opérer en manœuvrant chaque fil à la main, le travail deviendrait long, compliqué, coûteux et sujet à bien des erreurs; aussi a-t-on trouvé depuis bien longtemps des moyens plus sûrs et surtout plus économiques. Ils ont été graduellement perfectionnés. Nous n'indiquerons pour le moment que le principe sur lequel est basé celui qui est exclusivement employé aujourd'hui et qui constitue l'élément principal de l'invention de Jacquart. Il consiste dans une bande de carton sur laquelle sont marquées toutes les places des aiguilles qui portent les fils de la chaîne; cette bande est percée de petits trous en tous les points où ils doivent rester immobiles, tandis qu'on laisse le carton intact aux points où il s'agit soit de les soulever, soit de les abaisser, pour laisser voir ceux de la trame. On perce ainsi pour chaque duite autant de bandes de cartons qu'il y a de couleurs dans cette duite. L'ensemble de cartons d'une duite est désigné sous le nom de *passée*, parce qu'ils sont en effet les mobiles des fils qui ont reçu ce nom. Si maintenant on présente une bande de carton ainsi préparée au-dessus des aiguilles de la chaîne, il s'ensuivra que celles correspondant aux petits trous les traverseront et resteront dans leurs positions, tandis que celles qui rencontreront des parties pleines seront repoussées par le plus léger effort et feront par conséquent dévier les fils qu'elles portent. La course de la trame ne variant pas dans sa direction rectiligne horizontale, les recouvrira nécessairement, et on obtiendra de cette façon une ligne du dessin, celle tracée sur une rangée des petits carreaux pour une couleur; si donc on a autant de bandes de cartons semblables qu'il y a de rangées de petits carrés et de couleurs dans le dessin, et qu'on les présente successivement aux aiguilles dans l'ordre indiqué par la mise en carte, on exécutera tout le dessin de la même manière. Chaque carton est, pour ainsi dire, la matrice nécessaire pour former la partie du dessin comprise dans la largeur d'une duite.

Les choses ne se passent pas tout à fait ainsi dans le métier à la Jacquart. Les communications de mouvements entre les cartons et les aiguilles sont mieux appropriées, comme nous le verrons lorsque nous décrirons la machine; nous ne voulons ici que bien faire saisir le but de cette ingénieuse invention.

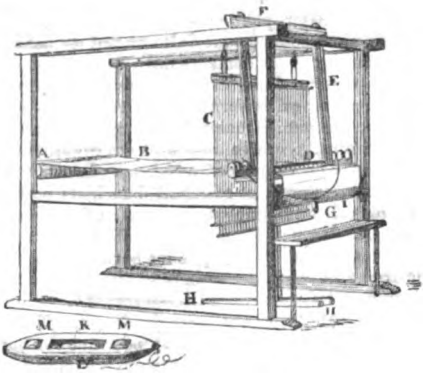
L'opération du percement des cartons dans l'ordre exigé par la mise en carte est nommée *lisage*. Lorsque le dessin est lu, on procède au montage du métier qui doit exécuter le tissu; c'est-à-dire qu'on dispose la chaîne sur l'ensouple du derrière; on la déroule ensuite pour exécuter le remettage des fils, l'assemblage des lisses ou des maillons avec les parties qui doivent les faire mouvoir, la distribution des fils entre les dents du peigne du battant, pour aller enfin la fixer au cylindre ensouple du devant. L'exécution de ce travail est fort délicate et demande une connaissance parfaite de tous les organes du métier, lorsqu'il s'agit de le préparer pour tisser des étoffes façonnées; nous avons par conséquent réservé ce sujet pour ne le traiter qu'après avoir décrit les différents métiers à tisser.

Description des métiers à tisser. Un métier à tisser se compose toujours de parties mobiles ou organes exécutant le travail, et de parties fixes qui servent de points d'appui ou de bâti aux premières.

La fig. 2487 représente en perspective un métier à

Digitized by Google

tisser réduit à sa plus simple expression et à peu près semblable à ceux qui sont connus depuis les temps les plus reculés, et qui sont encore usités pour le tissage à la main. La partie immobile se compose d'un bâti rectangulaire dont les montants réunis forment un ensemble solidaire ajusté à angles droits de manière à pouvoir résister aux ébranlements. Il supporte les pièces mobiles qui se composent : 1° du cylindre ou ensouple du derrière A, recevant la chaîne; 2° des lisses CC en plus ou moins grand nombre, la figure n'en offre que deux; 3° des leviers ou marches H H qui font manœuvrer ces lisses, par l'entremise des cordes attachées à leurs extrémités inférieures et par d'autres, qui les réunissent à leurs extrémités supérieures en passant sur des poulies ; 4° du *rot* ou *peigne* E, placé au bout d'un levier vertical qui peut prendre un mouvement autour de l'axe F; c'est l'ensemble de ce système qui porte le nom de *battant;* 5° de la *poitrinière* D en bois sur laquelle passe l'étoffe tissée; 6° du cylindre ou ensouple du devant G sur lequel la chaîne tissée et tendue vient s'enrouler par un cliquet.



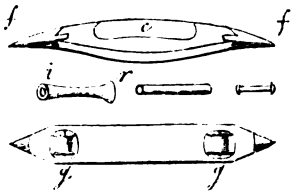
2488. 2487.

Nous revenons sur ce métier si simple et si connu en quelques mots qui suffiront pour en faire connaître les fonctions. La chaîne fixée dans les deux lisses et passant entre les dents du peigne ou battant, étant convenablement tendue sur les deux ensouples par l'un des moyens de tension que nous examinerons, et les deux marches H H restant dans le même plan, tous les fils de la chaîne seront parallèles entre eux et formeront une ligne à peu près horizontale de D en A. Le peigne E occupe alors une position verticale au lieu de la direction inclinée qu'on remarque dans la fig. 2487.

Pour commencer à tisser, l'ouvrier se place en avant du cylindre G sur un banc disposé à cet effet et que l'on voit par la figure. Il pose un pied sur l'une des marches, sur H par exemple; elle descend alors, fait baisser la lisse C avec tous les fils qu'elle porte pendant que la marche H' monte avec tous les siens. Ils forment en conséquence un parallélogramme; c'est dans l'angle que l'on fait passer la navette contenant la trame. A chaque passage, elle fournit une duite de la largeur de la chaîne; une duite étant chassée, l'ouvrier fait mouvoir le peigne E avec une certaine force, de façon à bien égaliser la duite, et à la serrer suffisamment au sommet de l'angle. Ce mouvement exécuté, il le recommence avec le levier H' et les parties correspondantes. La chaîne reprend encore les mêmes positions dans l'espace que précédemment, avec la seule différence que les fils qui composaient dans le premier mouvement les côtes inférieurs du parallélogramme, en forment maintenant les supérieurs et *vice versâ*, de manière que la duite est incorporée entre eux, absolument comme les règles d'enverjures, et forme avec ceux de la chaîne un corps très intimement lié; on chasse une seconde duite dans le nouvel angle formé, et on la serre de nouveau comme la première fois, et ainsi de suite pendant tout le travail. Comme le fil de la trame ainsi logé forme des sinuosités dessus et dessous ceux de la chaîne, il tend toujours à rétrécir la largeur de celle-ci; pour limiter ce rétrécissement et conserver une dimension régulière à l'étoffe, on place à plat une règle ou *temple*, fixée de chaque côté dans la lisière au moyen de pointes. A mesure qu'une certaine quantité est tissée, on l'enroule sur le cylindre G qui porte une petite roue à rochets.

De la navette. Pour chasser la trame on se sert d'une des navettes, représentées fig. 2488, 2489 et 2490. Une cavité ou *chase* reçoit la canette qui repose sur son axe *r* dont les deux extrémités forment tourillons. Lorsqu'on chasse la navette, son mouvement fait dérouler le fil d'une duite à travers un trou pratiqué

2489.



2490.

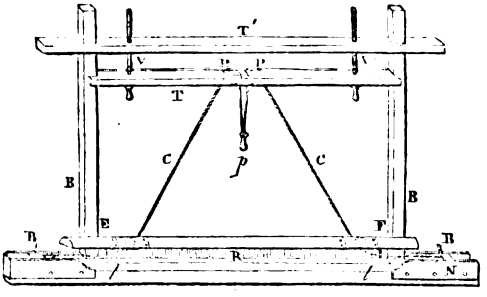
dans l'épaisseur de l'outil. Comme les navettes doivent passer le plus rapidement possible, on les fait en bois dur et sec, et pour augmenter la solidité, on en ferre les deux extrémités; afin qu'il y ait moins de frottement contre les fils, on diminue les surfaces frottantes en leur donnant une certaine courbure ; souvent aussi on munit leur partie inférieure de galets comme on le voit en *g* (fig. 2490).

Le poids de la navette et le volume de la chasse doivent être proportionnels à la largeur de l'étoffe à produire. La première condition est nécessaire pour que le mouvement, qui est uniformément retardé par le frottement, soit moins irrégulier; la seconde est exigée pour qu'elle porte le plus de fil possible, et pour diminuer la perte de temps nécessaire à son remplacement. L'axe de la canette qui reçoit la trame n'a pas toujours la même forme. Pour les matières ordinaires, on emploie généralement celle indiquée. Elle se compose de deux cônes renversés montés sur un axe placé dans la chasse. Cette disposition permet au fil de se dévider régulièrement sans s'enmêler. Mais on voit que ce mouvement du fil varie non seulement avec la vitesse de la navette, mais encore avec la circonférence de la canette qui va en diminuant à mesure que le dévidage avance; pour obvier à ces causes d'irrégularités, on emploie plus fréquemment pour les matières délicates la canette dite à dérouler. L'axe est fixé d'un côté au moyen d'une fourche *g*, et de l'autre, il est arrêté par une goupille qui le maintient immobile. Il porte deux petites branches ou ressorts en baleine, qui pressent sur le fil à mesure qu'il se déroule. Ce petit système de l'axe avec ses ressorts porte le nom de *pointizelle*.

Il existe plusieurs autres espèces de navettes. A toutes, il faut chercher à faire remplir les conditions suivantes : 1° Elles doivent avoir un mouvement aussi régulier que possible pendant toute leur course; 2° la longueur du fil fournie par chacune doit être la

Digitized by Google

même ; 3° le dévidage doit se faire très uniformément sans mêler la trame. Tantôt l'impulsion de la navette a lieu directement a la main, et ce cas est le plus rare; l'ouvrier la chasse alors d'une main et la reçoit de l'autre, avec laquelle il la renvoie ensuite de même; tantôt, et presque toujours, la navette est attachée à l'extrémité d'une petite corde qui passe sur une poulie de renvoi fixée au battant et dont l'autre extrémité est garnie d'une poignée *p* (fig. 2491) que l'ouvrier manœuvre pour donner un coup de trame. Cette disposition est connue sous le nom de *navette volante*.



2491.

Du battant. La fig. 2491 donne l'ensemble d'un battant garni d'une navette et disposé pour fonctionner. C'est un des plus simples et des plus généralement employés pour les étoffes légères, telles que les cotonnades, les gazes, les batistes, etc. La pièce inférieure ou masse N doit être la partie la plus lourde, on peut faire varier son poids; elle porte en saillie et en avant les boîtes B B qui renferment la navette à laquelle le mouvement est imprimé par le *chasse-navette*. Cette pièce appelée *taquet* ou *rat* a deux saillies *s s* qui glissent entre deux rainures pratiquées dans la boîte. Quand la corde *c* la fait mouvoir son étrier *e* chasse la navette; le fond des boîtes et le seuil *ll'* sont de niveau pour qu'elle puisse être lancée sans obstacle.

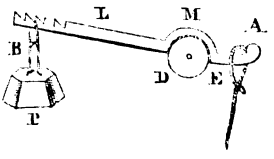
C'est dans la masse N d'un côté et dans la poignée E F de l'autre que se trouve assemblé le peigne formé par une réunion de lames métalliques ou de roseau (c'est de ce dernier que lui vient le nom de *rot*). Cette partie inférieure du battant est réunie aux montants verticaux B B qu'on fait aussi longs que le metier le comporte pour avoir un levier d'une puissance aussi grande que possible. Ils soutiennent les deux traverses horizontales T T' parallèles entre elles : la première porte les poulies, les cordes des navettes et les vis V V' qui traversent la seconde T'; celle-ci fait fonction d'écrou lorsqu'on fait monter ou descendre les pièces verticales B' B' du battant, de manière à faire varier les bras du levier suivant qu'on doit frapper avec plus ou moins de volée.

Des cylindres ensouples. Pour compléter l'explication des différentes parties du métier, nous allons revenir sur les cylindres ensouples dont nous n'avons dit que quelques mots. On sait que l'un de ces rouleaux, celui du derrière, reçoit la chaîne et l'autre l'étoffe, et qu'il faut pour exécuter le tissage que la chaîne éprouve une certaine tension variable suivant la nature et le genre du tissu, mais qui doit rester la même pendant toute la durée du tissage d'une étoffe.

On emploie différents moyens pour opérer cette tension, nous allons passer en revue les principaux :

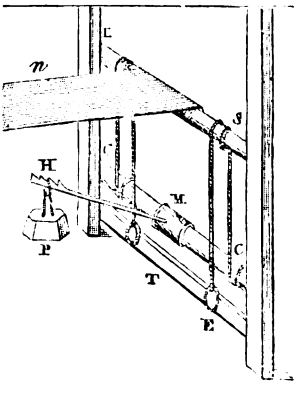
Le valet de frottement représenté fig. 2492 est un des plus anciennement connus; l'ensouple D est embrassé par la courbe frottante M du bras du levier L qui a son point d'appui en A. L'action de la force de tension peut être modifiée, soit en approchant, soit en écartant

2492.



le poids P qui opère le frottement, soit en le diminuant. Ce système a l'inconvénient d'exiger une charge considérable difficile à manœuvrer.

Un des modes les plus usités pour la soierie surtout est l'emploi de la *bascule à rouleau* représentée fig. 2493;



2493.

sur le bâti du métier est fixé un cylindre de treuil CC' qui porte sur la moitié de la longueur un manchon M, percé de plusieurs trous destinés à recevoir une extrémité du bras du levier, l'autre est chargée des poids de tension P; l'ensouple est comme précédemment enveloppée à chaque bout d'une corde dont l'un est fixé à une traverse T du métier et l'autre au cylindre CC'. Lorsqu'on veut faire varier la pression on change le levier de trou, ou l'on fait glisser le poids P sur les crans du levier O. La chaine *n* se trouve ainsi tendue à volonté sur l'ensouple I J. Il existe encore plusieurs autres modes de tension, comme ils n'offrent rien de particulier et qu'on peut les comprendre au premier coup d'œil, nous nous bornerons à celui que nous venons d'indiquer.

Rouleau du devant. Les moyens que nous venons de décrire ne sont appliqués que sur le cylindre du derrière de la chaîne, il est vrai, mais n'en transmettent pas moins la même tension à la partie tissée.

Le rouleau du devant est le point qui reçoit la puissance et celui du derrière celui où agit la résistance. La tension transmise sera par conséquent la même pour tous les points de la chaine dans un temps déterminé; mais elle varie à mesure qu'on déroule les fils et qu'on les enroule sous forme de tissu. Le diamètre de l'ensouple qui porte la chaîne diminue, tandis que celui sur lequel s'enroule l'étoffe augmente, il y a donc la

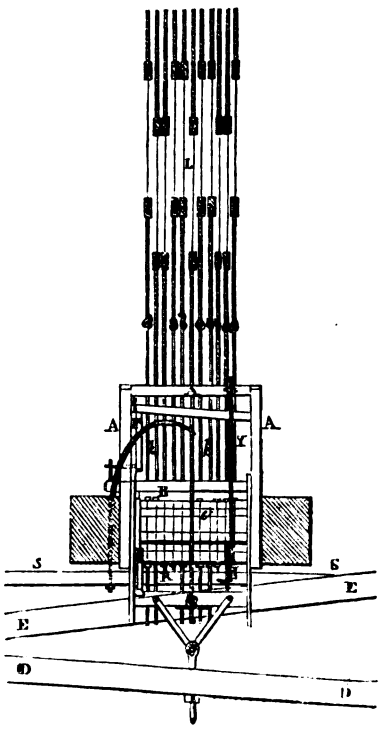
Digitized by Google

une première cause de variation dans la tension. Il en existe une autre encore, c'est l'enroulement intermittent du tissu sur son ensouple. Il ne se fait que lorsque l'ouvrier en a produit une certaine quantité. La distance d'où il frappe avec le battant augmentant, le bras du levier diminue relativement, et si l'impulsion reste la même, le serrage des fils va en s'affaiblissant dans l'intervalle d'un enroulement à l'autre. Cet envidage du tissu se fait généralement au moyen d'un encliquetage ou d'un levier qui entre dans des trous du cylindre que l'ouvrier fait tourner à la main.

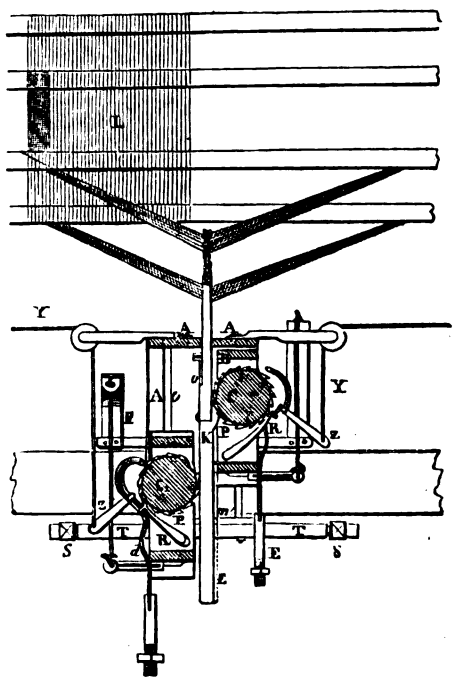
Métier à cylindres multiples. Le métier à double cylindre pour faire mouvoir les lisses peut être considéré comme intermédiaire entre les métiers à marches dont nous venons de parler et ceux à la Jacquart dont nous aurons à nous occuper plus loin. Il en existe plusieurs basés sur le même principe, dus encore à Vaucanson; mais celui qui nous a paru le plus simple, le plus pratique, et le plus économique, est celui qu'a inventé, en 1844, M. *Pesnel*, ouvrier mécanicien.

Supposons qu'il s'agisse de faire une étoffe qui exige un grand nombre de lisses, 25, par exemple, et que l'armure soit telle que chacune d'elles ait besoin d'être mue alternativement; dans le système des métiers à dépenses qu'il occasionne; c'est principalement dans les endroits où l'on produit des étoffes façonnées, peu compliquées et avec des matieres communes. Il en est ainsi pour les articles façonnés de *Roubaix*, de *Flers*, d'*Alsace*, beaucoup d'espèces de rouenneries et même des étoffes de fantaisie en laine à la fabrication desquelles les métiers à la marche peuvent être employés avec avantage. Le but de celui de Pesnel est de remplacer très favorablement les complications des leviers dans toutes ces circonstances.

Principe du métier. Soit un certain nombre de lisses montées comme à l'ordinaire sur une chaîne; au lieu d'attacher chacune d'elles à une corde fixée à un levier correspondant, on la lie par sa partie inférieure à une tige ou lame métallique que l'on voit en détail en *k* (fig. 2494 et 2495). Ces lames portent une saillie ou mentonnet *mm*, passent dans une plaque horizontale percée d'autant de trous qu'il y a de tiges. Cette disposition maintient les lisses bien parallèlement dans des plans verticaux; le mouvement leur est imprimé au moyen d'un cylindre C placé en avant des lames et qui porte des vis dont la tête forme came et vient s'appuyer sur les saillies *m* des tringles qu'elles doivent faire baisser.



2494.



2495.

marches, il faudrait avoir recours à 25 leviers, contre-leviers et à leurs cordages correspondants. Si pour éviter ces complications, l'usure et l'entretien des cordes, ainsi que les erreurs auxquelles l'ouvrier est exposé, on veut employer le mécanisme de Jacquart, le lisage du dessin, le secours des cartons et le montage du métier, qui en sont la conséquence, deviennent indispensables. Quoique le métier à la Jacquart soit bien répandu, il existe cependant encore des pays où l'on est peu familiarisé avec son emploi, et où l'on recule devant les

Il s'agit maintenant d'expliquer comment la position des vis sur le cylindre doit être déterminée, par quel moyen s'effectue son mouvement, et enfin le but des deux cylindres.

Quant à la détermination des places des cames ou vis sur la périphérie du cylindre, il sera facile de comprendre comment on y arrive. Supposons qu'à la place d'un cylindre on ait une plaque verticale portant des divisions verticales et horizontales dont les intersections correspondent aux lames, que cette plaque chemine ver-

Digitized by Google

ticalement et qu'elle présente successivement une de ces divisions aux lisses; dans le premier mouvement correspondant à la première division, elle en fera alors baisser autant qu'on aura implanté de vis sur les intersections; l'ordre de leur mouvement, et par conséquent celui des fils de la chaine correspondante, se fera suivant la disposition des vis; si la plaque continue à se mouvoir elle abandonnera bientôt les premieres lisses, en reprendra de nouvelles selon la disposition des vis sur la seconde division, et ainsi de suite. Dans le métier Pesnel, la plaque verticale est remplacée par un cylindre horizontal. Les choses se passent tout à fait de la même manière, parce qu'on a divisé ce cylindre suivant ses génératrices, et sa base en un égal nombre de parties. La détermination des points que doivent recevoir les petites cames pour produire un effet voulu sur le tissu, dépend de l'opération, que l'on nomme *lisage*, que nous aurons à étudier bientôt en détail.

Transmission de mouvement. Le cylindre C, qui porte les vis, peut tourner dans un châssis en bois A, qui peut lui-même prendre un mouvement de translation de haut en bas et de bas en haut, dans des coulisses pratiquées latéralement dans une boîte, ou petit bâti B fixe établi sous le métier. Le châssis est attaché à un levier ou pédale, destinée à recevoir l'impulsion du pied du tisserand. Le cylindre C porte sur un des côtés de son axe une roue à rochet P, garnie d'autant de doubles dents qu'il y a de divisions au cylindre. Elles sont de deux grandeurs et ont deux directions différentes : la fonction des grandes est réglée de manière à ce que le chemin que chacune d'elles fait décrire au cylindre soit égal à chacune de ces divisions; il y en a par conséquent autant que de ces dernières; les petites sont disposées de façon à engrener avec un rochet, qui empêche le cylindre de revenir sur lui-même pendant sa rotation. La disposition du mécanisme est symétrique; il y a deux cylindres C, un de chaque côté du petit bâti B. Chacun communique à un levier E, de manière à être mis en mouvement alternativement, et à pouvoir commander une double quantité de lisses, ce qui nécessiterait un diamètre double, si l'on n'employait qu'un seul cylindre.

Lorsque l'ouvrier baisse l'une des marches, il fait descendre le châssis correspondant et le cylindre qu'il porte, et qui ne tourne pas alors. Les vis qui y sont fixées pressent sur les saillies des lames K, et les font baisser avec leurs fils; c'est à ce moment que l'ouvrier chasse la trame : il abandonne le premier levier pour agir sur le second. Pendant ce temps, le premier système, cylindre et châssis, remontent de leur propre mouvement par l'entremise du ressort F, auquel le cadre est attaché par une corde r; à chaque course la roue à rochet rencontre un arrêt *q* qui la fait tourner d'une dent, de manière à ce qu'elle présente une division, et par conséquent une combinaison de vis nouvelles aux lames K des lisses. Lorsque l'ouvrier remarque un défaut dans son ouvrage et juge nécessaire de le détisser, il fait rétrograder les cylindres; ce qui est exécuté par le moyen d'une corde Y qui agit sur le levier R. Celui-ci peut entrer dans les dents de la roue à rochet, et les faire tourner dans le sens opposé à celui qu'elles prennent lors du travail. La foule de ce métier, c'est-à-dire l'action des fils, ayant lieu en dessous de manière à les faire baisser, le *façonné* se produit par conséquent en dessus, ce qui facilite la surveillance du travail. Tout le mécanisme prend très peu de place, et peut être appliqué à un métier à tisser ordinaire quelconque.

Métiers mécaniques à tisser. Le tissage mécanique a été la conséquence forcée de l'invention des machines à filer, dont la production fut telle, que les moyens ordinaires de tissage devinrent bientôt insuffisants; aussi les premières tentatives du tissage automatique eurent-elles lieu en Angleterre, pour le coton, peu de temps après les succès des inventions de Highs, d'Hargrave et d'Arkwrigt. Il est curieux de voir que l'invention des machines à filer fut une conséquence de l'insuffisance du filage à la main, qui ne pouvait produire assez pour alimenter le tissage, et que le tissage mécanique, à son tour, prit naissance pour pouvoir marcher de pair avec le nouveau système de filature. Ce sont là d'ailleurs des résultats très naturels qui pouvaient être prévus à l'avance, et qui se représentent dans mille circonstances analogues. Il est évident pour nous que si la filature automatique eût existé du temps de Vaucanson, le métier qu'il inventa pour tisser mécaniquement les étoffes unies et façonnées, eût eu un véritable succès, car ce célèbre ingénieur, dont toutes les découvertes étaient empreintes du cachet du génie, l'eût bientôt rendu complétement pratique.

Aucune spécialité industrielle ne présente une quantité plus considérable d'inventions ou, pour être plus exact, d'inventeurs. Depuis que l'impulsion a été donnée, chaque jour a vu apparaître un nouveau métier mécanique à tisser, tant en Angleterre qu'en France; et cependant aucun n'a encore complétement réalisé toutes les conditions que doit présenter un métier mécanique parfait; rappelons que ces conditions sont les suivantes :

La chaîne doit être également tendue pendant toute la durée du travail; la trame doit se dérouler uniformément, et être constamment serrée avec la même force; le tissu doit toujours recevoir le choc du battant au même point et avec la même intensité; l'enroulement de l'étoffe fabriquée doit être uniforme, de manière à ce qu'on enroule une quantité égale dans le même temps. Ces conditions doivent être réalisées sans fatiguer les fils; le métier doit pouvoir s'arrêter instantanément et de lui-même, lorsqu'un fil vient à casser; son montage doit être prompt, facile, et les éléments de rechange qui le composent exiger peu d'entretien. Enfin, toutes les parties doivent être calculées de manière à présenter un maximum de résistance avec un minimum de matière.

On peut voir par ce succinct énoncé, qui n'est qu'un résumé de la théorie du tissage que nous avons donnée précédemment, que la difficulté de la construction d'un métier ne réside pas dans les moyens d'opérer mécaniquement les différents mouvements. Les progrès de la science offrent, en effet, de nombreux systemes pour effectuer ces commandes; mais le succès dépend de leur choix, de la combinaison plus ou moins heureuse entre elles, et, en un mot, de la parfaite harmonie entre tous les organes qui constituent la machine. Bien que beaucoup de métiers mécaniques qui ont été proposés n'aient pu être adoptés, le nombre de ceux en usage est encore assez considérable. Sans différer d'une manière sensible entre eux, ils ont quelques particularités qui ont suffi pour les distinguer et les faire breveter. On cite généralement dans l'industrie l'ancien *métier Roberts*, le métier *Heilmann*, le métier *A. Kœchlin et compagnie*, celui de *Stone*, de *Meyer*, de *Decoster*, de *Quemin*, de *Debergue*, etc., etc. Comme il suffit de bien comprendre un seul de ces métiers pour pouvoir se rendre compte de tous les autres, nous nous bornerons à la description de celui de Sharps et Roberts, considéré à juste titre comme fort bien combiné.

Nous décrirons successivement : 1° le bâti; 2° la disposition de la chaîne; 3° le mouvement des lisses; 4° le mouvement du battant; 5° le mouvement de la navette : 6° les communications du mouvement; 7° le mécanisme d'arrêt.

1° *Bâti.* Le bâti, qui est tout en fonte, se compose de deux pans d'une seule piece ABA'B' tout à fait semblables, et de différentes traverses qui les réunissent. Chacun de ces pans se compose lui-même de deux montants verticaux AA' et BB', de deux traverses horizon

Digitized by Google

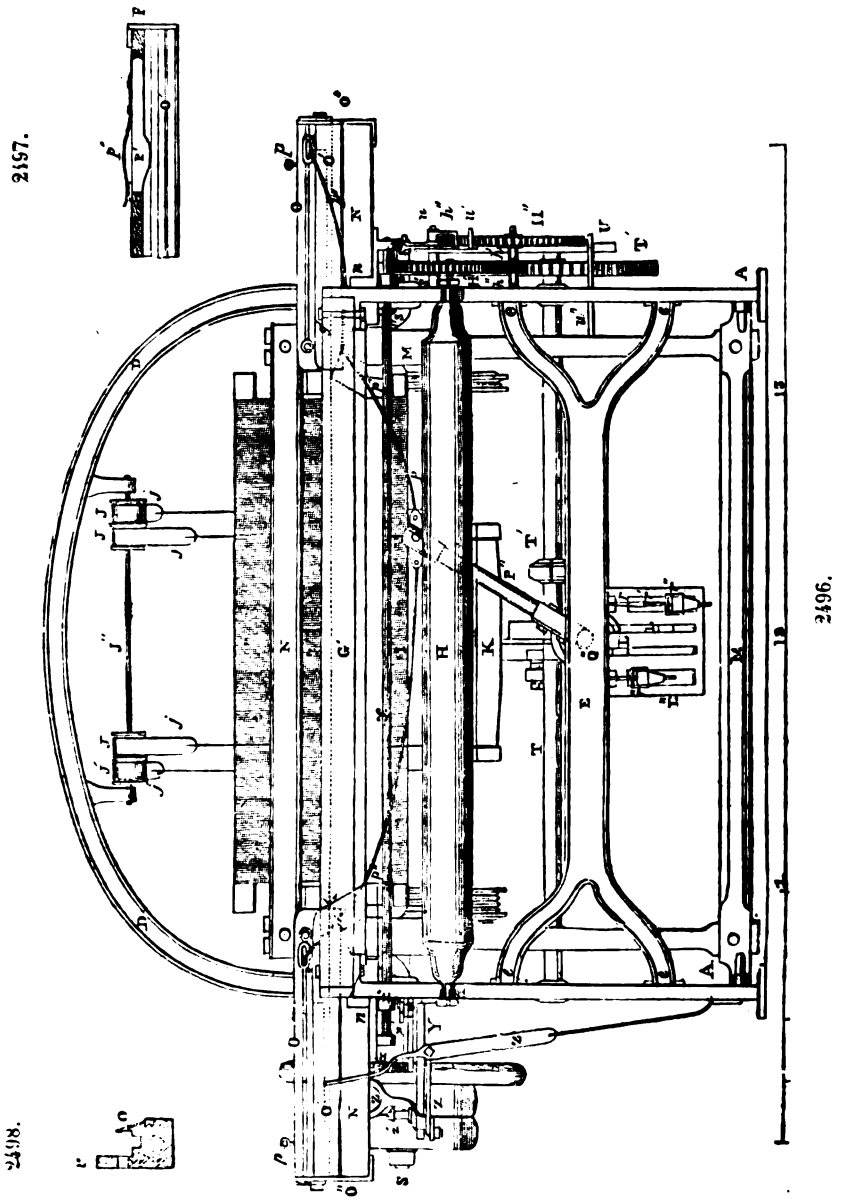
tales AB, A'B', et d'une traverse oblique et courbe C : le montant AA', qui correspond à la partie antérieure du métier a un prolongement supérieur *a*, et une saillie latérale et antérieure *a'* en forme de crochet relevé qui est destinée à supporter l'ensouple de l'étoffe ; le montant BB', qui correspond à la partie postérieure du métier, a un prolongement supérieur *b* en forme de crémaillère, et une saillie latérale et extérieure *b'* à plusieurs crochets relevés qui est destinée à supporter l'ensouple F de la chaîne ; vers le milieu de la traverse supérieure AB de chaque pan s'élève aussi un prolongement vertical *d d*.

Les traverses de consolidation qui réunissent les deux pans et les deux bouts du bâti sont :

1° La grande courbe en anse de panier D, qui vient se boulonner à droite et à gauche sur les deux prolongements opposés et qui est destinée à supporter les lisses ;

2° La traverse antérieure E, qui présente à chaque bout une fourche *e e* par laquelle elle se boulonne contre les deux montants opposés AA', AA'.

2° *Disposition de la chaîne.* La chaîne est enroulée sur l'ensouple F, dont les deux bouts se trouvent portés sur



les crochets *b'* des montants postérieurs du bâti ; de là elle vient passer sur le rouleau en bois G pour s'étendre à peu près horizontalement de l'arrière à l'avant du métier en traversant les lisses et le battant, comme nous le verrons tout à l'heure. L'étoffe se fait en *g''*, et la chaîne, alors munie de sa trame, vient glisser sur la forte traverse en bois G' pour redescendre et s'enrouler

Digitized by Google

sur l'ensouple de l'étoffe H que l'on appelle aussi quelquefois ensouple de travail.

La condition de conserver à la chaîne une tension constante pendant toute la durée du travail, malgré la variation du diamètre du cylindre qui porte la chaîne est une des plus difficiles à satisfaire. On y parvient en chargeant une corde qui passe sur une poulie fixée sur l'ensouple F, de poids, en forme de rondelles, et dont il est facile de varier l'action en en changeant le nombre. Un contre-poids plus faible agit en sens inverse afin de mieux maîtriser l'action du poids de tension. L'ensouple H de l'étoffe est pareille à celle de la chaîne, mais les axes en fer qu'elle porte à ses deux bouts sont retenus par des crochets *h*, afin qu'ils puissent tourner sans se déranger, et l'un d'eux, celui de droite, se prolonge au dehors pour porter la roue dentée H'; un peu au-dessous de cette roue un fort boulon *h*'' servant d'axe à la roue-à-rochet H'' et au petit pignon *h*' qui fait corps avec elle et qui engrène avec la roue H'. Il en résulte que la roue-à-rochet H'', par son mouvement, fait tourner le pignon *h*', puis la roue H', puis l'ensouple H, dans le sens convenable, pour que l'étoffe s'enroule; et il en résulte encore qu'en arrêtant la roue-à-rochet H'', le cliquet *h*'' empêche l'étoffe de se dérouler et par conséquent la chaîne de se détendre.

3° *Mouvement des lisses.* Les lisses ou lames sont composées comme à l'ordinaire; on les voit en I, I pour la lame antérieure, et en I', I' pour la lame postérieure. Les œillets de la première, dans laquelle passe la moitié des fils de la chaîne, les fils pairs, par exemple, sont sur deux rangs, ainsi que les œillets de la seconde, dans laquelle passe l'autre moitié de la chaîne ou les fils impairs : on les met sur deux rangs et dans des plans différents, afin que les fils de la chaîne qui les traversent puissent se rapprocher davantage. Ainsi, les fils pairs étant reçus dans la lame I, I, on fait passer les numéros 2, 6, 10, etc., dans le premier rang, par exemple, et les numéros 4, 8, 12, etc., dans le second; il en est de même pour la seconde lame I', I', qui reçoit les fils impairs : les numéros 1, 5, 9, etc., passeront dans les œillets du premier rang et les numéros 3, 7, 11, etc., dans les œillets du second rang : alors, il n'y a entre deux fils pairs consécutifs qu'une demi-épaisseur du fil de l'œillet, au lieu de deux demi-épaisseurs (ou d'une épaisseur entière) qui s'y trouveraient si les œillets étaient sur le même rang et dans le même plan.

C'est pour remplir ce but qu'il y a aussi deux règles ou baguettes I, I, en-dessus et en-dessous, afin que les fils qui portent sur le premier rang d'œillets soient reçus sur les deux premières en haut et en bas, et que ceux qui portent sur le second rang d'œillets le soient sur les deux dernières; il en est de même de la seconde lame I', I'.

Les baguettes de la première lame sont attachées en haut, chacune par deux cordes terminées par des lanières de cuir *j*, *j* dont les extrémités sont clouées sur les poulies en bois J, J; les baguettes de la seconde lame sont pareillement attachées par deux cordes terminées par deux lanières en cuir *j*', *j*' dont les extrémités sont clouées sur les poulies en bois J', J' : ces deux dernières poulies ont un moindre diamètre que les premières; enfin les deux systèmes de poulies J, J et J', J' sont fixés sur un arbre en fer J'' soutenu à ses deux extrémités par les pièces *j*'', *j*'' attachées par des boulons sur l'anse de panier D.

A leur partie inférieure, les lames sont aussi attachées par deux cordes aux fortes règles en bois K et K', au milieu desquelles sont fixées par des boulons des tringles en fer *k* et *k*', qui viennent s'articuler aux marches L et L'; mais elles s'y articulent dans des rainures, afin que l'on puisse suivant le besoin faire varier leur point d'attache.

Il reste maintenant à indiquer comment les marches L et L' peuvent monter et descendre, et comment elles font en même temps monter et descendre les lisses.

Une double équerre L'' est fixée contre la traverse postérieure E', et en dehors, à laquelle sont adaptées à boulons les deux pièces *l*''', qui portent à leur partie inférieure l'axe en fer *l*'''; c'est sur cet axe que sont montées par des têtes en forme de douille les marches L et L', et qu'elles peuvent se mouvoir sans se déranger; mais, pour mieux assurer encore leur mouvement, elles sont guidées à leur autre extrémité dans les fentes d'une plaque en fonte L''', et alors il est impossible qu'elles puissent dévier : la plaque L''' porte encore près de ses bords 2 autres fentes dont nous verrons plus tard l'usage.

Pour supporter la plaque L''' et pour supporter aussi diverses autres pièces essentielles, il y a deux fortes contre-traverses parallèles Q qui viennent se boulonner d'une part contre la traverse antérieure E, et d'une autre part contre la traverse postérieure E'; c'est contre l'une de ces contre-traverses que la plaque L''' est attachée par un boulon.

Il résulte de cette disposition qu'à mesure que la marche L s'abaisse pour abaisser la première lame, la marche L' se relève nécessairement, parce que les lanières ou courroies *j*, *j* ne peuvent pas se dérouler sur leurs poulies sans que les lanières *j*', *j*' ne s'enroulent sur les leurs, et réciproquement; ainsi, à mesure que l'une des lisses descend, l'autre est forcée de remonter : cependant, l'articulation de la tringle *k* sur la marche L se faisant plus loin de l'axe de rotation *l*''' que celle de la tringle *k*' sur sa marche L', il est évident qu'en s'abaissant du même arc, la première fait plus de chemin que la seconde; la lame I I qui lui correspond descend donc toujours un peu plus que la seconde I' I'; par conséquent, si les poulies J, J et J', J' étaient égales, il arriverait que, quand la deuxième lame descend, la première remonterait moins haut, et le passage de la navette serait plus resserré : on remédie à cet inconvénient en donnant aux poulies J, J de la lame de devant un diamètre un peu plus grand que celui des poulies J', J' de la lame de derrière; alors, quand celle-ci descend d'une certaine quantité, elle fait remonter la première d'une quantité un peu plus grande, et l'on s'arrange pour qu'il y ait compensation.

Pour ouvrir la chaîne alternativement dans un sens et dans l'autre, tout se réduit donc à abaisser successivement chacune des marches, avec la condition de ne pas gêner le mouvement de celle qui doit remonter : c'est à quoi l'on parvient au moyen des deux galets *l*, *l*' qui sont alternativement pressés par un excentrique dont nous expliquerons plus tard la forme et le mouvement.

4° *Mouvement du battant.* Le battant exécute ses manœuvres d'oscillation sur un axe en fonte M', qui est presque à fleur du sol, dont les extrémités arrondies en forme de tourillons viennent reposer dans les pattes-à-coussinets *m*', *m*' adaptées avec des boulons contre les traverses inférieures A' B' des pans du bâti; les deux balanciers en fonte M, M solidement fixés vers les extrémités de l'axe M' s'élèvent jusqu'à la hauteur des parties supérieures des lames; à une certaine hauteur, chacun des balanciers s'élargit, et sa nervure postérieure se bifurque et se renfle postérieurement pour offrir deux trous ronds *m*; c'est à cet endroit que viennent s'articuler aux deux balanciers les deux bielles destinées à lui imprimer le mouvement; un peu au-dessus de ces articulations, chacun des balanciers porte encore à sa partie antérieure une espèce d'équerre *n*, et c'est sur ces équerres que repose la pièce en bois N qui forme la traverse supérieure du battant et qui est d'ailleurs fixée aux balanciers par des boulons; enfin, tout à fait à leur partie supérieure, les balanciers sont fendus

Digitized by Google

dans leur largeur et reçoivent la traverse en bois N' qui se fixe aussi par deux boulons passant dans les fentes, en sorte qu'il suffit de desserrer les écrous pour enlever la traverse N'.

Le peigne ou *ros n'* se loge dans l'intervalle compris entre les pièces N et N'; c'est pourquoi il importe que l'on puisse facilement enlever la pièce N' pour changer de peigne : la traverse N est revêtue à sa surface supérieure d'une sorte de semelle qui est pareillement en bois et qui doit être légèrement touchée par les fils dans les diverses positions que prend le battant pendant son mouvement.

Telles sont les pièces qui constituent le battant proprement dit : les autres pièces qui sont encore liées au battant sont, comme nous allons le voir, destinées au jeu de la navette.

5° *Mouvement de la navette.* La traverse N se prolonge de chaque côté au dehors des balanciers, et c'est sur ces prolongements que sont formées à droite et à gauche les boîtes dans lesquelles la navette vient successivement se loger; chacune de ces boîtes est formée seulement par trois parois longitudinales, c'est-à-dire disposées dans le sens de la longueur de la traverse N, et par une paroi transversale, c'est-à-dire disposée à l'extrémité même de la traverse N et perpendiculairement à sa longueur; cette dernière paroi, qui est, à proprement parler, le fond de la boîte, n'est autre chose qu'une plaque en fer O'' fixée par un boulon contre le bout de la traverse N, et c'est contre elle que vient frapper le taquet ou chasse-navette au moment où il est repoussé par la navette. Des trois autres parois, l'une est horizontale et se trouve formée par le prolongement de la surface supérieure de la traverse N, afin que la navette reste sur le même plan dans toute l'étendue de sa course. Les deux autres parois sont antérieures et postérieures. La première O' est un plan incliné (fig. 2497 et 2498), et la seconde P, qui est la plus élevée, est tout à fait droite : entre ces deux parois se trouve la tringle en fer O qui sert de guide au chasse-navette *o*; elle est fixée d'une part au fond de la boîte, et de l'autre à un boulon qui passe dans les fentes des balanciers et qui s'y trouve arrêté par un écrou : les deux chasse-navettes *o* sont en cuir très dur et coulent librement sur leur guide; ils reçoivent l'extrémité de la ficelle ou du lacet qui les met en mouvement pour lancer la navette. La paroi postérieure P contient une pièce mobile très importante P' : c'est une espèce de levier qui tourne autour de l'axe *p*, et qui se trouve sans cesse pressé autour en avant par le ressort *p'*; comme son épaisseur est un peu plus grande que celle de la paroi P, il en résulte que son extrémité mobile forme toujours saillie dans l'intérieur de la boîte et que la navette ne peut pas entrer sans la repousser en arrière en forçant l'action du ressort *p'* et en faisant tourner toute la pièce P' autour de son axe *p*. Nous verrons que c'est au moyen de cette disposition que le métier s'arrête de lui-même quand la navette est arrêtée en chemin et n'arrive pas dans sa boîte comme elle doit le faire.

Le mécanisme qui lance la navette est essentiellement un peu compliqué, non pas tant pour la difficulté de lui imprimer la vitesse convenable que par la nécessité de la faire partir à un instant précis qui se trouve déterminé à la fois par la position des lisses et par celle du battant : on voit sur la figure la ficelle *p''* qui fait partir le chasse-navette, et le fouet P''' qui tire la ficelle pour la faire agir. Il reste seulement à faire comprendre comment le fouet est mis en mouvement. Les 2 contre-traverses Q, Q, fixées aux traverses E et E' par des boulons *q*, portent un petit cadre en fonte Q' soutenu par les boulons *q'*; ce cadre porte, à son tour, sur deux coussinets bien ajustés, l'axe Q'' auquel le fouet P''' est adapté, et il porte en même temps une sorte d'excentrique R; sur cet excentrique est fixée par le milieu de sa longueur la double courroie *r*, dont les deux bouts viennent passer dans les têtes des boulons *r''*; enfin, des étriers *r'*, arrêtés plus ou moins haut par des écrous sur les boulons *r''*, reçoivent les extrémités des deux leviers R' qui sont disposés de chaque côté des marches L, L' et qui sont, comme ces marches, mobiles autour de l'axe *l'''* et alternativement abaissés par les excentriques. On conçoit que, l'un de ces leviers étant rapidement abaissé par l'action de l'excentrique, la courroie fait tourner le petit excentrique qui entraîne l'axe Q'', et cet axe à son tour fait osciller rapidement le fouet P'' qui tire la ficelle d'un côté ou de l'autre, fait partir le taquet et lance la navette, mais, en même temps que l'un des leviers descend, l'autre est forcé de remonter puisqu'il est tiré en haut par la courroie, et il faut disposer les choses pour qu'il ne soit pas gêné dans son mouvement et pour qu'il puisse l'accomplir sans presser l'excentrique et sans cependant le quitter.

6° *Communications de mouvement.* L'arbre moteur qui met en jeu tout le mécanisme du métier est représenté en S. On voit qu'il est soutenu par les traverses supérieures A B des deux bouts du bâti et qu'il se prolonge en dehors pour porter à droite la roue dentée S', et à gauche le volant *s''* et les deux poulies *s*, *s'*, l'une *folle* et l'autre *fixe*. Dans l'intérieur du bâti, vis-à-vis des balanciers M, M du battant, il offre deux coudes S'', S''', dirigés dans le même sens et dans le même plan, au milieu desquels viennent s'ajuster les bielles *s'''* qui vont s'articuler ensuite aux deux balanciers M, M. Il est évident, d'après cela, qu'à chaque tour de volant, le battant fait une oscillation entière et qu'il vient forcément frapper la duite au même point : si ce volant fait cent tours par minute, il faudra que la navette passe cent fois pour donner cent duites au battant.

La roue dentée S' fait autant de tours que le volant, mais, comme elle engrène dans la roue dentée T' qui a un diamètre double, celle-ci ne fait qu'un demi-tour exactement pour chaque révolution du volant.

La roue dentée T' est montée à l'une des extrémités de l'arbre T des excentriques, qui prend ses points d'appui sur les traverses obliques et courbes des bouts du bâti; cet arbre est en outre soutenu vers le milieu de sa longueur par un collet brisé T''' qui est fixé sur l'un des flasques Q; on lui donne ce troisième point d'appui parce qu'il importe qu'il ne fléchisse pas et qu'il tourne avec une régularité parfaite.

Les excentriques *t*, *t'* sont montés sur l'arbre T et tournent avec lui pour venir alternativement presser les marches L, L' ainsi que les leviers R' : on pourra se faire une idée nette des effets qu'ils produisent en remarquant d'abord qu'ils ont exactement la même courbure et qu'ils sont diamétralement opposés.

Il résulte de leur construction que, si du centre commun des 2 excentriques on mène un rayon quelconque qui rencontre les deux contours, la somme des deux portions interceptées par le centre et par chacun des contours sera constante, et c'est là précisément la condition essentielle que doivent remplir les courbures des excentriques.

En effet, les deux galets *l*, *l'* des deux marches L, L' étant à la même distance de leur axe commun de rotation *l'''* et devant toujours être en contact, l'un avec l'excentrique *t* et l'autre avec l'excentrique *t'*, il est nécessaire que l'un s'abaisse autant que l'autre s'élève, ou, en d'autres termes, il est nécessaire que la somme de leurs distances au centre commun des excentriques soit constante.

Quant au rapport qui doit exister entre les grands et les petits rayons de courbure des excentriques, il dépend de l'ouverture que l'on veut donner à la chaîne : dans nos figures, cette différence est de 5 centimètres, et, comme la moyenne distance comptée à partir des points

Digitized by Google

d'attache des tringles k, k' avec les marches L, L' jusqu'à l'axe de rotation l''' est les 8/5 de la distance des galets l, l' au même axe, il en résulte que le mouvement des lisses sera les 8/5 de 5 centimètres ou 8 centimètres : pour ouvrir davantage, il faudrait éloigner les points d'attache des tringles k, k' ou prendre des excentriques dont les rayons eussent une plus grande différence.

Il est facile de voir maintenant comment on règle l'instant où le fouet P'' lance la navette. En effet, les deux leviers R', qui donnent tour à tour le coup de fouet, sont mis en jeu par deux galets t attachés aux excentriques et diamétralement opposés. Vers le milieu de la longueur de ces leviers, leur surface supérieure offre un arc de 1/8 de circonférence qui est de même rayon que le plus grand arc des excentriques; c'est là seulement qu'ils sont pressés par les galets t'', et ils le sont brusquement au moment même où le galet rencontre la première extrémité de cet arc, en sorte que le levier s'abaisse instantanément de toute la quantité dont il doit s'abaisser, et, pendant que le galet parcourt le reste de l'arc du levier, il ne fait que le maintenir au même point de dépression. On voit qu'il est très facile de donner aux boulons qui portent les galets t'' diverses positions sur les excentriques, et par conséquent qu'il ne l'est pas moins de lancer la navette un peu plus tôt ou un peu plus tard : cependant, on ne peut la lancer que quand la chaine est ouverte; c'est pourquoi les boulons porte-galets ne peuvent se mouvoir que dans une certaine étendue toujours comprise entre les extrémités des grands arcs des excentriques. Puisqu'il y a deux galets diamétralement opposés, il est évident que, pour chaque tour des excentriques, la navette est lancée deux fois : or, comme un tour des excentriques répond à deux coups de battant, il en résulte qu'il y a, comme cela doit être, un coup de battant à chaque passage de la navette.

7° *Mécanisme d'arrêt.* Le métier étant mis en mouvement par une courroie qui passe sur la poulie-fixe z', il suffit pour l'arrêter de faire sauter la courroie sur la poulie-folle z; alors, s'il ne s'arrête pas brusquement, il n'aura plus du moins que sa vitesse acquise, qui sera bientôt éteinte si les dimensions du volant ont été convenablement déterminées. L'ouvrier n'a donc qu'à pousser la courroie lorsqu'il veut arrêter le métier : mais, s'il arrive, par exemple, que la navette s'arrête dans la chaine, on conçoit que jamais la main de l'ouvrier ne peut être assez prompte pour empêcher que le battant ne vienne donner son coup en poussant la navette devant lui et ne rompe par conséquent les fils de la chaine ou les dents du peigne; il est donc nécessaire d'adapter au métier un mécanisme au moyen duquel il s'arrête de lui-même dans de telles circonstances, et c'est ce mécanisme que nous allons décrire.

On voit sur la figure un axe X dont les deux extrémités sont soutenues un peu au dehors du bâti par les pieces en fonte x, x, qui sont elles-mêmes fixées sous la traverse supérieure N du battant; cet axe porte à l'un de ses bouts, à gauche du métier, un levier coudé à peu près à angle droit dont la position est réglée par la vis x'; la branche X' s'élève derrière la boîte-à-navette et s'engage sous le ressort p', tandis que la branche X'' s'avance horizontalement : ce même axe porte, à l'autre bout, un levier analogue, mais qui n'a que la branche verticale; la branche horizontale lui manque.

Quand la navette arrive dans sa boîte, elle doit, comme nous l'avons vu précédemment, repousser le levier P' qui fait une saillie intérieure, et par conséquent elle doit repousser la branche X' du levier coudé qui va s'appuyer contre son extrémité mobile; ainsi, la navette ne peut pas entrer dans sa boîte sans faire tourner l'axe X d'une certaine quantité, et sans élever la branche horizontale X'' d'une quantité correspondante : toutes les fois que cet effet se produit, la branche X'' ne rencontre rien sur son chemin pendant le mouvement du battant, et le métier marche avec sa vitesse accoutumée.

Mais, quand la navette n'arrive pas dans sa boîte, l'axe X ne tourne pas, la branche X'' n'est pas relevée, et c'est elle qui vient faire partir une détente pour arrêter le métier au moment où le battant commence à revenir.

Lorsqu'on tisse de la toile en grande largeur, de 1m,40, par exemple, la vitesse de l'arbre moteur S doit être de 75 révolutions environ par minute; pour celle qui ne dépasse pas 0m,90, on peut compter de 90 à 95. Pour les metiers à coton, le nombre de tours dans le même temps, pour des largeurs de 0m,90, varie de 100 à 115, suivant les systèmes de métier.

On peut juger maintenant par l'ensemble des combinaisons que nécessite un métier à tisser mécaniquement, et par la précision pour ainsi dire mathématique avec laquelle chaque organe doit fonctionner, que ce n'est pas un des problèmes industriels les moins difficiles à résoudre, que celui qui a pour but la création d'une machine automatique pouvant tisser avec perfection tous les fils, quelles que soient leur nature et la variation de leurs titres.

Il n'existe jusqu'à ce jour aucun métier mécanique qui puisse servir indistinctement à toutes les matières. Presque toutes les étoffes façonnées, et certaines étoffes unies même, sont encore exclusivement tissées à la main; telles sont celles en laines cardées, en laines peignées et la soierie en grande partie. Nous ne connaissons en France qu'un seul établissement (1) où l'on fasse le tissage de la soie unie à la mécanique, et une seule maison (2) où la même tentative ait été faite pour les mérinos. Le tissage mécanique de ce dernier article est plus avancé en Belgique, et surtout en Angleterre.

Ce travail se borne donc chez nous exclusivement aux cotonnades et aux toiles de lin et de chanvre. Ces dernières se font cependant encore en partie manuellement, mais cette spécialité diminue tous les jours et ne saurait subsister longtemps. Il est évident aussi que du moment où il y aura réellement économie et avantage à tisser mécaniquement les lainages et la soierie, les métiers actuellement existants pourront avec de bien légères modifications être appliqués à ce travail. Ce qui s'oppose à ce mode de tissage pour les laines en général, et surtout pour la laine cardée, c'est le peu de résistance qu'offrent les fils de cette matière aux brusques mouvements mécaniques, qui occasionnent des ruptures plus fréquentes, et rendent par conséquent le travail plus défectueux et plus coûteux. Quant aux étoffes de soie, qui ont besoin d'une si grande perfection, dépendant de l'attention et de la surveillance lors du travail, on comprend aussi que le tissage mécanique ne peut présenter un très grand avantage, surtout dans les localités où la main-d'œuvre est à bas prix. Cependant on ne peut douter que le tissage automatique n'arrive pas un jour à être exclusivement employé pour toutes les matières : de nombreuses tentatives surgissent chaque jour, aussi bien pour le travail des façonnés que pour celui des étoffes unies. On conçoit d'ailleurs tout ce que la création d'un métier mécanique présente d'aliments aux investigations de la science. Chacun de ces éléments est susceptible de modifications; un résumé succinct des parties auxquelles on les a appliquées jusqu'ici en fournira une preuve, et pourra en même temps servir de guide aux recherches sur la matiere.

Un des points principaux qui aient exercé la sagacité

(1) L'établissement de M. Thomas d'Avignon.
(2) M. Croutelle, de Reims.

Digitized by Google

des mécaniciens, a été le mode de tension à imprimer à la chaine sur les ensouples, de façon a la maintenir régulière pendant toute la durée du travail, malgré le changement des diamètres des cylindres enrouleurs et dérouleurs.

On s'est d'abord servi de simples poids et contre-poids manœuvrés à la main ; on a ensuite cherché à modifier cette tension avec la variation du diamètre des cylindres par le métier lui-même, soit au moyen d'un mécanisme mû par un des arbres du métier, soit par une combinaison mécanique dépendant du battant. Les commandes employées pour faire fonctionner les lisses, ou plutôt les marches auxquelles elles communiquent, le battant et la navette, ont également été modifiées. Les lisses sont mues tantôt par des manivelles et tantôt par des excentriques. Il en est de même du battant, qui, le plus souvent, reçoit son mouvement par des excentriques, placées sur l'arbre moteur a la place des bielles que nous avons mentionnées dans le métier Roberts. Le battant peut donner un ou deux coups. Sa forme peut varier elle-même. La navette, au lieu d'être chassée par deux fouets comme cela a lieu presque généralement maintenant, et surtout pour les étoffes larges, reçoit quelquefois encore son mouvement par un seul fouet.

Les temploirs mécaniques, et surtout les moyens de débrayage pour arrêter les métiers lorsqu'un fil de la chaine ou de la trame casse, ont donné lieu à de nombreuses modifications. On a aussi voulu établir des métiers auneurs indiquant la quantité d'étoffe tissée ; on a également tenté de supprimer la machine à parer en encollant la chaine lors de sa tension. Cette nomenclature succincte d'une partie seulement des changements que présentent les différents métiers a tisser, fera comprendre qu'il nous a été impossible d'entreprendre dans le cadre que nous avons dû nous tracer, la description de ces divers mécanismes, malgré l'intérêt que beaucoup d'entre eux présentent ; nous ne pouvons que renvoyer aux ouvrages plus étendus, où une partie de ces descriptions se trouvent disséminées. On consultera avec fruit, a ce sujet, les Bulletins de la Société d'Encouragement, les importants rapports insérés dans le bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, et l'intéressante publication de M. Armengaud aîné, et un ouvrage tout récent de M. Bourcart, directeur de l'établissement Kayserberg, sur le tissage mécanique.

Métier à la tire. Les métiers à tisser que nous venons de décrire, ne peuvent, comme nous l'avons déjà dit, produire que des étoffes à combinaisons simples ; mais dès qu'un dessin exige un plus grand nombre de lisses, la complication de ces métiers devient très grande, la manœuvre en est pénible, et les résultats ne peuvent en être qu'imparfaits ; c'est pour rendre le tissage des étoffes façonnées plus facile qu'on eut recours autrefois au *métier à la tire*.

Les inconvenients que présente ce système sont bien connus ; ils sont plus sérieux qu'on ne pourrait le supposer à l'inspection du métier, dont la manœuvre ne parait avoir rien de pénible. Mais si l'on remarque que l'ouvrier tireur de lacs est obligé d'agir constamment et à chaque coup de navette, c'est-à-dire très rapidement sur le système de cordages très tendus, et d'enlever par leur entremise un poids plus ou moins considérable de maillons et de plombs, on comprendra mieux les efforts continuels qu'il doit faire, la fatigue qu'il doit éprouver. Ce travail exige une attention soutenue pour tirer les lacs dans l'ordre voulu, afin d'éviter des erreurs graves dans le tissage. La position que l'ouvrier est obligé de conserver pendant toute la journée est très incommode et très fatigante. Ces fâcheuses circonstances réunies avaient fait considérer les fonctions de *tireur de lacs* comme une des plus dangereuses de l'industrie. Bien des tentatives avaient été faites depuis plus d'un siècle pour modifier ou remplacer ces métiers. Bien des fois les séances de l'Académie des sciences avaient retenti des éloges donnés à quelques nouveaux systèmes plus simples, mais tous ces essais restèrent sans succès, jusqu'à l'innovation célèbre apportée par Jacquart au commencement de ce siècle.

Cependant au nombre de ces créations, une seule nous a frappé par ses combinaisons mécaniques, aussi simples qu'économiques : c'est celle de Vaucanson. Mais malheureusement il nous a été impossible de retrouver un dessin ou seulement un croquis de cette machine. L'Académie des sciences, qui a enregistré avec tant d'exactitude les autres travaux de Vaucanson, fait à peine mention de ce métier si remarquable, et nous n'avons pu en prendre une idée complète que par un numéro du *Mercure de France*, du mois de novembre 1745, et par ce qui reste du modèle que Vaucanson lui-même a offert au Conservatoire des arts et métiers.

Nous pensons qu'on lira avec intérêt l'extrait suivant du numéro du *Mercure*, dont nous venons de parler :

« M. Vaucanson, si célèbre dans les mécaniques, vient de mettre au jour une vraie merveille de l'art dans un objet de grande utilité. C'est une machine avec laquelle un bœuf ou un âne font des étoffes bien plus belles et bien plus parfaites que les meilleurs ouvriers en soie.

« Cette machine consiste en un premier mobile en forme de cabestan, qui peut communiquer son mouvement à plusieurs métiers à la fois, pour y faire toutes les opérations nécessaires à la fabrication des étoffes.

« Ce cabestan mû par une force quelconque, on voit sur le métier l'étoffe se fabriquer sans aucun secours humain, c'est-à-dire la chaine s'ouvrir, la navette jeter la trame, le battant frapper l'étoffe avec une justesse et une égalité que la main de l'homme ne saurait jamais avoir.

« L'étoffe se roule d'elle-même à mesure qu'elle se fabrique ; la chaine est toujours également tendue ; la trame toujours également couchée, et l'étoffe toujours frappée au même point et avec la même force ; et tout cela se fait sans fatiguer la soie, et sans qu'elle reçoive aucun frottement, car la navette passe la trame sans toucher la chaine, ni même le peigne, et les lisses qui font ouvrir la chaine ne la touchent jamais deux fois au même endroit. Cet ingénieux auteur a trouvé le moyen de déterminer la quantité de soie qu'il veut faire entrer dans cette étoffe, en donnant plus ou moins de poids au battant sur lequel il la fait frapper, en tenant la chaine plus ou moins tendue, et en donnant plus ou moins de trame.

« Les lisières fabriquées sur le nouveau métier sont plus belles et plus parfaites que celles des étoffes ordinaires ; l'auteur ayant trouvé moyen de supprimer une pièce appelée *temple*, qui gâte les lisières par des trous que les pointes y font.

« Est-il question de recharger la navette ou de raccommoder un fil cassé, on arrête le métier sur-le-champ, en poussant un bouton qui peut se trouver aux quatre coins du métier, et sous la main d'un enfant préposé pour veiller à quatre de ces métiers, dont la seule occupation consiste à nettoyer la soie, raccommoder les fils casses, et garnir les navettes qui contiennent six fois plus de trame que les navettes ordinaires.

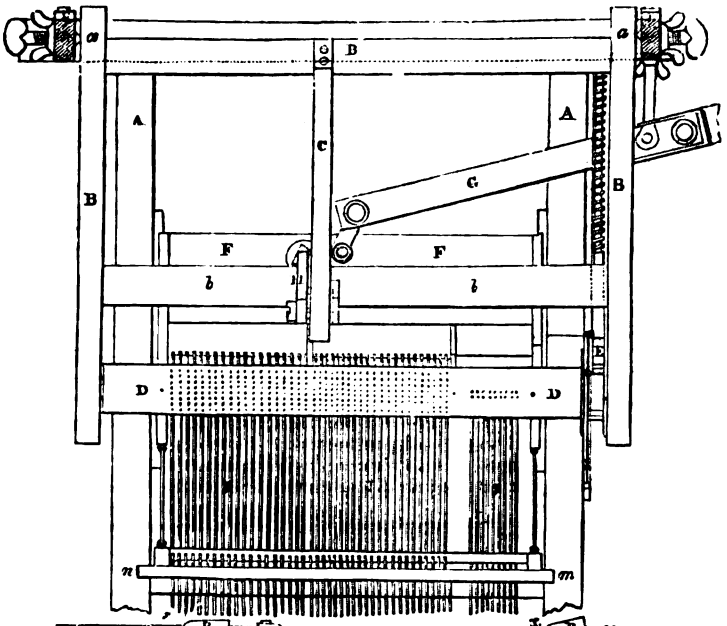
« Cet arrêt suspend comme un éclair tous les mouvements du métier, dans tel état qu'ils puissent se trouver ; et lorsqu'on le fait repartir, ce qui s'opère avec la même facilité, les mouvements reprennent sur-le-champ où ils ont cessé ; cet arrêt est d'ailleurs particulier à chaque métier et sans aucune influence sur les autres, en sorte qu'on arrête celui qu'on veut sans que les autres cessent de travailler.

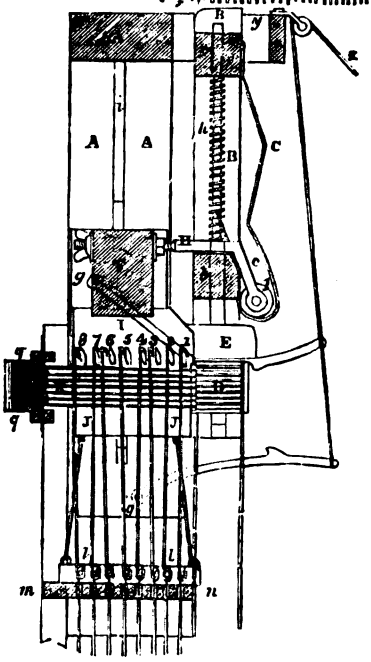
« Un cheval attelé au premier moteur peut faire

Digitized by Google

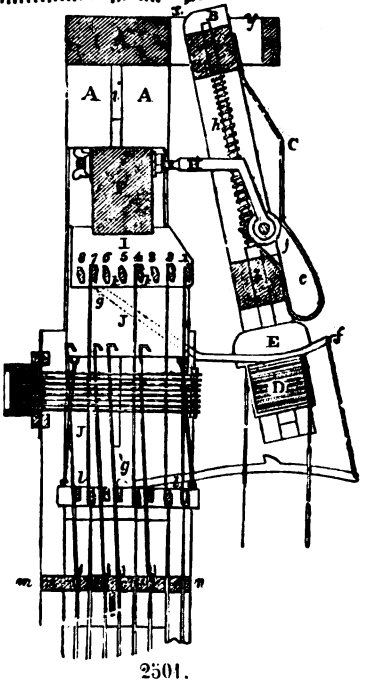
travailler trente de ces métiers ; une chute d'eau, un bien plus grand nombre ; et si l'on voulait y employer des hommes, un seul en ferait aller six sans peine ; un métier fait autant d'étoffe par jour que le meilleur ouvrier quand il ne perd pas de temps. »

2499.





2500.



2501.

Métier à la Jacquart. Le métier à la Jacquart, comme celui de Vaucanson, a pour but de produire les étoffes façonnées les plus compliquées, par le travail d'un seul ouvrier, de diminuer considérablement les chances d'erreurs, d'exécuter le tissage sans le secours de la tire, et sans faire éprouver plus de fatigue à l'ouvrier que s'il ne s'agissait que d'un travail ordinaire.

La fig. 2499 représente une vue de face du métier tout monté.

La fig. 2500 est une vue de côté du métier en repos, et la figure 2501 une vue de côté pendant le travail.

Au premier aspect, un métier à la Jacquart, monté et prêt à travailler, offre une complication telle qu'il serait assez difficile de se rendre compte de son mécanisme si on ne possédait parfaitement au préalable la connaissance des différents éléments qui le constituent, et dont la répétition seule, forme la complication.

Les fig. ci-contre offrent les tracés de tous les détails élémentaires qui distinguent ce métier. Nous allons les décrire successivement en employant les mêmes lettres pour les mêmes parties dans les différentes figures. Les fils de la chaîne sont passés dans un maillon solide en verre ou de toute autre matière que portent les crochets *l l*. Ce maillon est percé ordinairement d'un nombre variable de petits orifices, depuis un jusqu'à dix et plus, et peut par conséquent recevoir autant de fils ; à la partie inférieure de la lisse *l*, est attaché un petit plomb *p*. La partie supérieure est fixée à une aiguille verticale J, dont les deux extrémités sont recourbées, comme l'indique la figure 2500, dans laquelle on voit de côté l'aiguille verticale nommée *crochet*, à cause de ses courbures. Celle de la partie supérieure est beaucoup plus petite que celle du bas. La première repose sur une lame fixe légèrement inclinée, de façon que le moindre effort puisse la faire dévier de celle-ci, qui lui sert de point d'appui. L'aiguille verticale J passe dans une boucle ou anneau formé dans l'aiguille horizontale correspondante représentée en plan (fig. 2502). Si l'on suppose maintenant que la lame J peut se mouvoir verticalement, et nous verrons en parlant plus loin de la commande du métier comment ces mouvements ont lieu, il est évident qu'elle enlèvera l'aiguille *h*, la lisse *l* et son fil, et que la cause du mouvement ascensionnel

Digitized by Google

cessant, le système sollicité par le poids du plomb ramènera le fil à sa position primitive; mais si par un moyen quelconque on fait rencontrer une résistance, même légère, à l'aiguille horizontale *h*, elle se trouvera repoussée du côté opposé, et si rien ne s'oppose à l'action, elle reculera parallèlement à elle-même, fera dévier proportionnellement l'aiguille verticale J, et enlèvera par conséquent le crochet supérieur de la partie inclinée; il est évident alors que le fil de la chaîne restera en repos. Si nous supposons maintenant qu'au lieu d'un seul système semblable à celui que nous venons de décrire, il y en a quatre cents, par exemple, il ne sera pas plus difficile de les comprendre; seulement il faudra avoir soin de disposer tout de manière à ce que leurs places soient bien déterminées et en rapport exact avec la série de fils que les aiguilles doivent faire mouvoir. Une fois toutes ces répétitions montées, il suffira d'avoir un moyen sûr et simple pour faire décrocher les aiguilles qui ne devront pas soulever de fils de chaîne, et pour que celles qui doivent au contraire en faire agir restent sur leurs lames respectives. Occupons-nous d'abord des dispositions employées pour assurer les places respectives de tous ces fils.

Il n'est pas un dessin, si compliqué qu'il soit, qui ne présente des parties semblables, et par conséquent des points différents au tissu, où plusieurs fils doivent être soulevés ou rester immobiles en même temps sur la même ligne ou duite. On a soin d'assembler toutes les lisses portant des fils qui ont les mêmes fonctions pour les attacher à une même petite corde qu'on nomme *arcade*, et on fait passer chacune dans un trou correspondant de la planche d'*arcades*, pour l'attacher ensuite à une aiguille verticale, après avoir traversé une nouvelle traverse percée de trous, comme la première. Cette seconde se nomme planche à *collet* (Nous donnerons les règles à suivre pour effectuer ces passages, en parlant des empoutages).

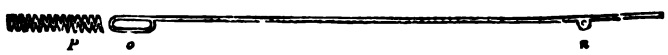
Toutes les aiguilles verticales ou crochets, qui sont en nombre égal à celui des arcades, reposent à leurs extrémités supérieures, comme nous l'avons vu, sur autant de lames fixes qu'il y a d'aiguilles. Il y a autant de ces crochets verticaux, et par conséquent d'aiguilles horizontales correspondantes, qu'il y a de trous dans la planche d'arcade, et ces rangées sont disposées dans le même ordre, et en rapport avec celles-ci et celles de la planche à collet. Les aiguilles horizontales *h* correspondantes, peuvent entrer par l'une de leurs extrémités dans les creux ménagés dans une espèce d'étui fixe, formé par des diaphragmes assemblés par un boulon qui traverse les deux pieces *q*, *q*, qu'on peut démonter à volonté. Il y a autant de ces creux qu'il y a de rangées d'aiguilles horizontales, et dans le fond de chacun d'eux on a disposé un ressort *p*. Ces vides sont destinés à recevoir la partie courbée *o* des aiguilles horizontales repoussées, qui sont toutes passées dans un crochet vertical, et les ressorts ont pour but de réagir contre elles pour les faire revenir à leur position primitive au moment voulu. Toutes les parties étant dans l'état que nous venons de décrire, démontrons par quel artifice les aiguilles horizontales sont repoussées, et par suite comment les crochets verticaux correspondants laissent les fils et lisses en repos ou les font travailler.

En regard de l'étui se trouve un prisme carré en bois D, fig. 2503, vu de face fig. 2499, qui est percé d'autant de trous qu'il y a d'aiguilles; chacun correspond à une aiguille horizontale du métier; contre les faces se trouvent appliqués des cartons *a*, *a*, fig. 2505 en plus ou moins grand nombre suivant la complication du dessin à faire; c'est en effet sur eux qu'on a percé, après le lisage, les trous qui devaient correspondre aux maillons à soulever. L'ensemble des trous de chaque carton, dont la longueur est égale à l'un des côtés du prisme, représente le nombre de crochets verticaux à soulever pour former la partie d'un dessin comprise dans une duite. On voit en un mot que les cartons sont percés de façon que les trous exigés par le dessin correspondent à ceux du prisme; tous les autres de celui-ci sont recouverts par les parties pleines du carton.

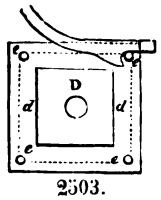
Les aiguilles horizontales qui se présenteront aux trous pénétreront dans le prisme, et les crochets correspondants resteront sur leurs lames respectives pour être levés. Celles, au contraire, qui rencontrent les parties pleines du carton, seront repoussées contre les ressorts *p*, et les crochets verticaux qu'elles portent seront enlevés des lames et laisseront les fils qui y sont attachés en repos. Cette position est indiquée dans la fig. 2501. On voit que les crochets 1, 2, 4, 7, sont restés sur leurs lames, tandis que 3, 5, 6, 8, ont dévié, par la résistance que les parties pleines ont présentée aux aiguilles.

Il nous reste à indiquer maintenant comment s'opèrent les mouvements dans les différents temps.

Toutes les lames horizontales inclinées *l l* sont assemblées à une pièce mobile *g*, qu'on nomme la *griffe*, et qui peut monter et descendre des deux côtés dans des coulisses à l'intérieur de petits montants. La partie mobile E porte une pièce en fer H terminée par un

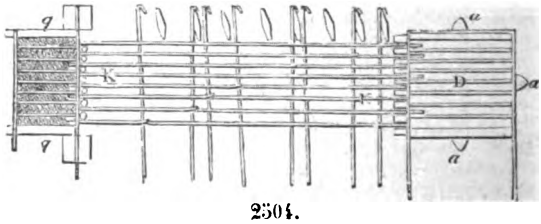


2502.

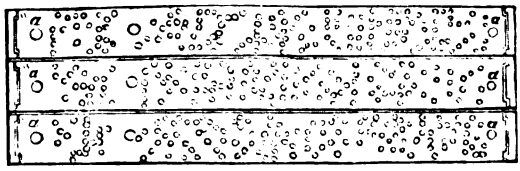


2503.

galet *j*. Lorsque la griffe monte, et cette pièce avec elle, la roulette *j* est obligée de s'appuyer contre les courbes du ressort C, dont une des branches est fixée contre le levier qui porte le prisme et les cartons, et qui peut prendre un mouvement autour du point B. L'ensemble de ce système, levier et ressort, est nommé *presse*. Lorsque le galet *j* monte, il exerce une pression contre la courbe C, et force le prisme de s'écarter des aiguilles, et à prendre alors la position indiquée fig. 2501. Lorsqu'au contraire, la griffe redescend, le levier et le prisme reviennent de nouveau à leur position primitive, indiquée fig. 2500.



2504.



2505.

La commande générale du métier se comprendra en

Digitized by Google

jetant un coup d'œil sur les fig. 2499 et 2500. L'ouvrier, en posant le pied sur une marche, fait enrouler une corde autour d'une poulie, et fait tourner un petit arbre sur ses tourillons; celui-ci porte deux petits manchons dans des boîtes, autour desquelles s'enveloppent les chaînes ou courroies attachées à la griffe *q*, qui reçoit par conséquent son mouvement ascensionnel, et enlève les crochets qui n'ont pas été repoussés par le prisme et son carton: pendant que la griffe monte, l'ouvrier chasse la navette comme à l'ordinaire, et bat la trame par le battant; on laisse redescendre le système, et lorsqu'il est revenu à sa position primitive, les ressorts *p*, après la disparition de la résistance du carton et du prisme, ont réagi contre les aiguilles qui les avaient comprimés, et celles-ci sont revenues à leur première position, les crochets ont repris d'eux-mêmes leurs places sur les lames, et tout est prêt de nouveau pour recommencer le même mouvement.

Mais à chaque mouvement, c'est un nouveau carton qui se présente pour repousser les aiguilles qui ne le sont, pour ainsi dire, jamais dans le même ordre. Afin que cette succession de cartons se fasse bien régulièrement, ils sont enlacés les uns aux autres de manière à former une chaîne sans fin, comme on le voit dans la fig. 2505. Cette espèce de chaîne a, à ses extrémités, des trous *t'* dans lesquels s'engagent de petites cames que porte le prisme et qui la font avancer. Le quart de révolution que le prisme lui-même doit faire à cet effet, est commandé par les mâchoires ou loquets articulés *f*, qui le saisissent par ses lanternes *g'*, *g'* disposées à son extrémité; cette impulsion est donnée par une corde passant sur une petite poulie qui se trouve sur l'arbre de la presse.

Nous ne nous arrêtons pas aux autres dispositions de ce métier, qui n'offrent rien de particulier. Le bâti T T, composé de montants et de traverses solidement assemblés et maintenus par des ferrures boulonnées, est surmonté de petits bâtis *a*, *a* destinés à supporter et à servir de point d'appui au mécanisme à la Jacquart.

Le montage de la chaîne est obtenu avec un mécanisme de tension, et un régulateur d'enroulement, comme dans les métiers à tisser.

Nous espérons que les détails dans lesquels nous venons d'entrer auront rendu facilement compréhensible cette admirable invention qui a illustré à si juste titre le nom de son inventeur, sans qu'on doive oublier toutefois que Vaucanson avait déjà employé le cylindre, mais sans les cartons.

Depuis l'emploi du métier à la Jacquart, on a tenté d'y apporter des modifications de toutes espèces, mais sans pouvoir rien changer au principe fondamental; on en a étendu l'application à de nombreux articles pour lesquels on l'avait d'abord jugé insuffisant; pour toutes les spécialités, on est parvenu à en tirer un heureux parti. Le tissage mécanique des étoffes façonnées, des plus riches tapis, basses-lisses, des tulles même, a profité plus ou moins de cette magnifique invention qui est loin encore d'avoir rendu tous les services qu'on est en droit d'en attendre.

Les améliorations qu'on a constamment tentées ont eu pour but les moyens de manœuvrer les maillons et leurs plombs, de faire mouvoir le métier mécaniquement, d'assurer davantage le jeu parfait des aiguilles. Les ressorts ne les repoussant pas toujours exactement quand ils sont mauvais ou usés, MM. Dhomme et Romagny ont fait dans ce sens une tentative ingénieuse, qui a été décrite avec une clarté remarquable par M. le baron Séguier, dans un des Bulletins de la Société d'encouragement. On est arrivé aussi à diminuer le nombre des aiguilles nécessaires pour produire un effet donné; mais ces derniers résultats tiennent plutôt à des combinaisons de commandes ou d'empoutages, qu'à la machine elle-même, et leur description trouvera par conséquent sa place ailleurs. La dépense assez considérable de cartons qu'on est obligé de faire, quand on a des dessins compliqués, a fait chercher souvent un autre moyen. On avait proposé de les remplacer par des feuilles de fort papier. Cette innovation, qui avait d'abord eu quelques succès, a été cependant généralement abandonnée, mais de nouveaux essais se font en ce moment qui paraissent avoir plus de chances de réussite. Tout le monde a pu voir également, à la dernière exposition, l'ingénieuse tentative de M. Pascal, qui présentait un métier à la Jacquart fonctionnant sans cartons.

Voici en quelques mots les principaux points sur lesquels est basée cette invention:

Les cartons sont remplacés par une toile métallique de cinq cents duites au mètre destinée, par conséquent, à remplacer cinq cents cartons, représentant une surface de cinq cents fois un côté du prisme ou environ 40 mètres de développement. Les mailles de la toile métallique sont remplies d'un vernis, et le tout recouvert d'une couche de caoutchouc; on se sert de cette surface pleine comme on le ferait du carton. Le lisage et le piquage du dessin se font simultanément au moyen de la machine à lire à *touches*. Une fois lue, la toile est posée sur un mécanisme spécial qui établit la communication avec les aiguilles.

Il y a certes dans cette découverte une idée heureuse digne de succès; nous faisons des vœux pour que le modeste auteur de cette machine parvienne à la modifier, de manière à la rendre applicable aux tissus des comptes les plus élevés; nous lui souhaitons aussi assez de persévérance pour qu'il puisse, une fois cet avantage obtenu, lutter contre tous les obstacles d'une autre nature réservés immanquablement à une innovation de ce genre.

En attendant qu'on parvienne à éviter complétement les dépenses que nécessitent les cartons et leur lisage, on cherche à les diminuer en faisant des prismes dont les trous sont rapprochés le plus possible. Les fabricants allemands en emploient à trous très serrés; ils ont aussi établi des machines à la Jacquart, avec des crochets verticaux en bois, modification qui a autant pour but d'éviter l'oxydation des aiguilles pendant le repos de la machine que de faire une économie dans son établissement. M. Fortier, fabricant de châles, a rapporté une Jacquart ainsi disposée lors de son voyage à l'exposition de Vienne.

Ici se termine ce que nous avons cru nécessaire de dire des métiers à tisser à basses-lisses. Il n'est pas une machine de cette espèce qu'on ne parvienne à comprendre facilement, si on s'est pénétré des principes que nous venons d'exposer, et si on a bien suivi la description des mécanismes. Les métiers qui paraîtraient s'éloigner le plus, au premier coup d'œil, de ceux que nous venons de décrire, pourront, après un examen comparatif de quelques instants, leur être assimilés. Celui destiné à tisser plusieurs rubans à la fois et qu'on connaît sous le nom de *métier à la barre*, va nous en offrir une preuve.

A la première vue il ne présente de ressemblance avec aucun autre; il n'a presque pas de hauteur, sa largeur est considérable, toutes ses commandes sont en dehors du bâti aux deux extrémités. Mais si l'on veut faire abstraction de son ensemble, suivre avec quelque attention le travail exécuté pour un seul ruban, si celui-ci est simple, son tissage ne diffère en rien de celui de la toile; s'il est façonné, les moyens sont ceux que nous avons décrits pour les dessins exécutés au tissage; on se convaincra enfin que la particularité apparente que présente ce métier ne tient qu'à la répétition de plusieurs petites chaînes, et par conséquent d'autant de rubans sur un même bâti. Un seul en exécute souvent jusqu'à dix à la fois avec une seule transmission de mouvement. M. Vayson fait en ce moment

Digitized by Google

des essais pour appliquer au tissage ordinaire le système à la barre, au moyen duquel on pourrait produire des étoffes d'une très grande largeur, avec régularité, et sans qu'il y ait besoin d'augmenter la force.

Montage du métier à la Jacquart. L'étude du montage des métiers à tisser les etoffes unies ne pouvant plus présenter de difficultés, après ce qui a été dit du remettage, des armures, du piage et du montage des chaines, nous allons passer de suite aux considérations concernant les tissus façonnés. Monter un métier à la Jacquart, c'est établir la communication de tous les fils de la chaîne avec les aiguilles verticales ou crochets de la mécanique.

L'opération du montage comprend celles de l'*empoutage*, du *colletage*, du *pendage*, de l'*enverjure* et du *remettage*.

Pour mieux faire saisir ce que nous allons dire, rappelons succinctement les differentes parties d'un métier à la Jacquart : au-dessus de la chaîne se trouve la planche à *arcades*, qui est horizontale, de la largeur du métier, percée d'autant de trous au moins que les fils exigeront de maillons. Ces trous sont disposés en quinconce. Au-dessus de cette premiere planche est placée celle à collet tenant à la mecanique, et ayant également autant d'ouvertures qu'il y a de crochets; elle se trouve au-dessus de la griffe. Ces deux planches, dans les trous desquelles il faut faire passer les maillons avant de les fixer aux crochets, sont nécessaires pour assigner les places relatives de tous les fils de la chaîne et assurer la régularité de leur mouvement.

Empoutage. L'opération qui a pour but de faire passer les arcades à travers ces deux planches, dans l'ordre le plus convenable pour l'effet à produire, tel qu'il a été demandé par la disposition générale, est ce que l'on nomme *empoutage*.

Quel que soit le genre de tissu façonné produit, le nombre de fils de la chaîne est toujours bien supérieur à celui des aiguilles d'une mécanique; il faut donc que plusieurs soient mus par le même crochet. Lorsqu'il s'agit d'exécuter des dessins courants, c'est-à-dire de repéter sur toute la surface de la pièce les mêmes effets, la distribution des arcades pour chaque corde et chaque crochet ne peut présenter aucune difficulté; on divise le nombre de maillons par celui des crochets, le quotient donne la quantité d'arcades a fixer a chacun d'eux. Chaque réunion d'arcades qu'on désigne sous le nom de *raccords*, sert à former une partie de l'ensemble du dessin; le nombre de trous nécessaire à un raccord se nomme *chemin*. Dans tout dessin, on peut distinguer le croisement du fond de celui de la fleur ou du façonné. La liaison de celui-là provient de l'ordre général du croisement de l'armure adoptée; cet entrelacement est, par conséquent, régulier pour chaque duite sur la largeur du tissu. Le façonne est également produit par des circonvolutions de la trame avec la chaîne; mais celles-ci, au lieu de se repéter d'une manière reguliere pour chaque course de trame, sont déterminées par le mouvement des aiguilles, tel qu'il est commandé par la mise en carte et le lisage du dessin. On execute les deux espèces de croisements alternativement, et l'on obtient ainsi une liaison plus intime entre le corps et les parties du dessin. Les arcades doivent donc produire une *armure* fondamentale et suivie sur toute la surface de l'étoffe.

Il faut en conséquence que *le nombre des arcades d'un chemin soit egal ou multiple de celui des lisses que l'armure exige*. C'est la une condition qu'il est toujours facile d'executer.

Un exemple va rendre ces considérations plus claires : soit A, B, C, D, un plan horizontal de la planche percée d'un nombre de trous suffisants pour les arcades. Le côté A B est sa largeur, et celui A C sa hauteur. Les trous sont comptés à partir du point A, jusqu'en D, ou se trouve par conséquent le dernier. Supposons maintenant qu'on ait un dessin courant à empouter et que les dispositions générales aient les éléments suivants :

Une mécanique à la Jacquart, de 400 crochets, une chaîne de 2400 fils, sur une largeur de 0^{m},80, avec un peigne de 48 dents par 0^{m},27 de largeur.

On divise le nombre des fils de la chaîne par celui des crochets ou 2400 par 400, ce qui donne 6 pour le nombre de chemins; on prend alors sur la planche d'arcade A, B, C, D, une largeur de 0^{m},80, espace occupé par la chaîne, et l'on marque le trou par lequel l'empoutage doit être commencé et celui par où il doit finir. On partage l'intervalle en autant de parties égales que l'on a de chemins a empouter; chacun d'eux comprend ordinairement plus de trous qu'il n'en faut. On en laisse alors d'inoccupés sur les rangs de la hauteur, tandis que ceux de la largeur sont passés régulièrement. Si la mécanique a, comme ici, 400 crochets, il n'y aura par conséquent que 400 cordes; et s'il y a par exemple 20 trous sur une rangée de la largeur d'un chemin, il faudra que ceux de la hauteur aient également chacun 20 trous puisque $20 \times 20 = 400$. On en laissera un ou deux vides entre chaque corde suivant la quantité de la planche. Si on avait d'autres nombres pour les crochets ou pour les trous, on procéderait d'une maniere analogue. Le problème à resoudre se borne toujours à trouver l'un des deux facteurs, dont l'autre et le produit sont connus. Le facteur a chercher est le nombre de trous des rangées en hauteur; celui connu est la quantité en largeur, et le produit est toujours le nombre des crochets de la mécanique. Il faut toujours avoir soin de combiner les éléments de telle sorte que le nombre des trous en hauteur soit pair, par les raisons que nous avons déjà indiquées précédemment. Cette condition peut facilement être obtenue, en faisant varier l'un des facteurs : on place une corde au premier trou de tous les chemins; toutes ces cordes sont attachées au premier collet de la machine : on en fixe au n° 2 de tous les chemins du deuxième collet, et ainsi de suite. Lorsque douze cordes d'une hauteur sont empoutées, on place la treizième à droite, sur le rang suivant; on continue dans cet ordre jusqu a ce que l'empoutage soit terminé.

La méthode dont nous venons de parler est désignée en termes de fabrique sous le nom d'*empoutage suivi ordinaire*. Pour l'effectuer très facilement, on suspend toutes les arcades à une tringle, au-dessus de la planche a empouter. On fait ensuite glisser chacune successivement sur la tringle, jusqu'au-dessus du trou qu elle doit occuper pour la faire passer dedans. Quand tous les trous destines a la même corde sont garnis, on procède de même pour l'empoutage de toutes les autres. Lorsqu'il est terminé on boucle les cordes par deux cents à peu près, au-de-sus de la planche; on suspend celle-ci au metier pour passer au colletage, qui a pour objet d'introduire chaque corde dans le collet correspondant qui lui est reservé, en commençant par la gauche. On laisse ordinairement en avant de la machine un rang de trous vides qu'on destine aux arcades des lisieres et a celles qui doivent commander les changements de navettes et faire mouvoir la sonnette pour avertir de ces changements. Ce n est qu après cette dernière operation qu on fixe les plombs à chaque arcade, en les y attachant au moyen de boucles; c'est ce que l'on désigne sous le nom de *pendage*. Il faut avoir soin d'attacher tous les petits poids a la même hauteur afin que la traction qu'ils exercent soit la même, autant que possible, sur tous les fils: nous disons autant que possible, car il est difficile qu'elle soit égale à cause des inclinaisons differentes des maillons. Apres le pendage et l'appareillage, vient l'enverjure ou croisement, dont le but est de bien assurer aux arcades leurs places respectives, pour faciliter le remettage; on croise la premiere corde sur deux doigts de la main gauche, on opere ensuite avec la deuxième sur

Digitized by Google

les mêmes doigts en sens opposé. Quand on a fait un rang, la première corde du deuxième rang doit tomber sur le même doigt et dans le même sens que celle qui a été enverjée au moyen d'une corde qu'on passe à la place des doigts, et lorsque les maillons sont tous enverjés, on remplace les cordes par des tringles.

Remettage. Une fois les arcades enverjées, le remettage se fait facilement. On passe les fils dans les maillons qui se présentent successivement dans l'ordre de l'enverjure; on les insère ensuite entre les dents du peigne, et on ajuste le metier de manière à pouvoir commencer le tissage.

Pour monter un métier, quelle que soit d'ailleurs l'étoffe façonnée à produire, il faut toujours exécuter les différentes opérations que nous venons d'indiquer. La seule modification qu'on apporte au montage consiste dans l'ordre adopté pour le passage des arcades dans la planche, c'est-à-dire dans l'empoutage. Les empoutages peuvent, en effet, varier avec les dispositions des dessins à monter, avec l'espece d'étoffe et sa réduction.

Quelques mots vont suffire pour faire comprendre la nécessité de ces changements.

En effet, au lieu d'un dessin courant comme celui que nous avons supposé précédemment, on pourrait en avoir un qui présentât une rosace, ou une palme au milieu, et des ornements aux coins, disposés symétriquement en regard les uns des autres, comme cela arrive fréquemment pour certains châles, pour des tapis d'ameublement; on ne pourrait plus alors procéder par l'empoutage suivi, il faudrait décomposer pour ainsi dire le dessin, et au lieu de commencer l'opération par le n° 1, à gauche de la planche, le faire par le milieu. On empouterait cette partie de la rosace ou de la palme comme s'il s'agissait d'un dessin courant. L'empoutage doit être le même pour les quatre coins en regard, avec la seule différence que la disposition des arcades doit être établie en sens opposé. Il suffit pour cela, lorsqu'un quart du châle est empouté, de faire revenir sur eux-mêmes quatre fois de suite, les cartons percés par l'un des quarts, sans cela les ornements qui doivent se présenter symétriquement, comme deux portraits qui font *pendant*, seraient au contraire dirigés dans le même sens. La figure que prend le genre dont nous parlons, lui a fait donner le nom d'*empoutage à pointe et retour*. On comprend donc qu'il pourrait se présenter une infinité de cas différents.

Tous les empoutages peuvent être ramenés à quelques principaux types avec lesquels il suffit d'être familiarisé pour pouvoir résoudre tous les cas possibles. Nous avons déja parlé de l'empoutage suivi et ordinaire, de celui à pointe et retour; on connaît encore l'*empoutage combiné*, formé, comme son nom l'indique, par la réunion des précédents. L'*empoutage sur deux corps*, ou deux différents réunis pour exécuter le même tissu, est a *deux corps dont l'un est interrompu*, et ne reçoit ses arcades que de distance en distance, tandis que l'autre est empouté régulierement. Le système à plusieurs corps est indispensable pour certains tissus façonnés, comme les gazes, le velours, par exemple, pour lesquels il faut toujours empouter séparément les fils de la chaîne du fond, et ceux de la chaîne pour poil ou pour produire les jours, comme nous l'avons déja fait observer en parlant des armures. On commence alors l'opération par la chaîne du fond. Ces empoutages peuvent d'ailleurs varier avec chaque corps, quel qu'en soit le nombre.

L'*empoutage à quatre corps* n'est pas un cas spécial de celui que nous venons de mentionner, car c'en est simplement un suivi ordinaire qu'on a divisé en quatre parties égales et distancées; on l'emploie pour les chaînes à tres forte réduction, afin de ne pas rapprocher autant les fils et de faciliter leur mouvement.

Il serait impossible d'entrer dans plus de détails au sujet des différents empoutages dans cet article, où nous nous sommes plutôt proposé de bien faire saisir les principes des opérations que d'initier le lecteur à tous les soins minutieux qu'exige l'exécution, et dont l'expérience seule peut démontrer la nécessité. Nous devons faire observer seulement qu'il y a deux principales distinctions à faire dans les modes d'empoutages suivant que le dessin a été mis en carte, et lu sur du papier quadrillé ordinaire, dont chaque carreau représente un fil, ou suivant qu'on s'est servi du papier briqueté. Dans le premier cas on emploie une mécanique à la Jacquart, telle que nous l'avons décrite; dans le second, il faut avoir recours soit à deux mécaniques distinctes, mues alternativement par la même communication de mouvement, soit à une seule, dont chaque aiguille horizontale est munie de deux anneaux au lieu d'un. Dans les deux cas les crochets qui appartiennent aux deux mécaniques ou à la même sont considérés comme formant deux systèmes, un système de crochets pairs et un d'impairs.

Lorsqu'il y a deux mécaniques, celle placée sur le derrière est considérée comme l'impaire, et celle du devant comme la paire. Quand on ne se sert que d'une mécanique à *garniture double* d'aiguilles, elle prend le nom de *mécanique brisée*, et la garniture du côté de *l'étui* est désignée comme impaire, et celle du côté du prisme, comme paire. Pour la *mécanique brisée*, la griffe se compose de deux parties qui se meuvent alternativement de manière a n'enlever à la fois qu'une des garnitures.

Quoique ces deux modes d'empoutage des châles soient indistinctement employés dans les différentes villes de fabrique, on désigne communément sous le nom de *montage à la lyonnaise*, celui qui fait usage de deux mécaniques. Celui par la mécanique brisée est désigné sous le nom de *montage à la parisienne*.

Le but de ces deux systemes de montage consiste également à produire des découpures fil à fil avec le moins de crochets possible. Ce résultat est en effet obtenu en fixant un seul maillon à deux crochets différents qui peuvent se mouvoir indépendamment l'un de l'autre, car chaque maillon est susceptible d'être soulevé à volonté par les aiguilles paires ou impaires du système. Le même maillon peut donc travailler deux fois de suite, avec les fils qu'il porte pour produire des effets différents. Or, si leur nombre est de deux et qu'on les ait en même temps fait passer dans des lisses de rabat, on pourra de cette façon produire des découpures fil à fil, et par conséquent les contours les plus déliés possible. Pour arriver au même résultat avec une mécanique ordinaire il faudrait employer un nombre double de crochets.

Les métiers pour châles exigent une disposition qui permette à l'ouvrier de faire arriver deux fois de suite les cartons nécessaires à tisser une passée. En effet, dans les cartons percés d'apres la lecture faite sur le papier briqueté, chaque division, excepté la première d'un rang, represente deux cordes; chaque trou doit donc faire mouvoir deux crochets, l'un de la mécanique paire et l'autre de celle impaire, et il faut que chaque carton serve deux fois, qu'il s'applique une fois contre les aiguilles paires et une fois contre les impaires. Cela aurait toujours lieu ainsi si une passée ne se composait que de deux duites ou deux passages; mais comme elle est le plus communément formée de plusieurs *lacs* ou *couleurs*, on chasse successivement la duite de chaque nuance, et ce n'est qu'apres le tissage de la passée entière, avec l'un des systemes d'aiguilles, que l'on fait revenir les mêmes cartons pour les appliquer sur l'autre. Le moyen mécanique employé pour faire revenir les cartons d'une passée sur eux-mêmes et les faire appliquer successi-

Digitized by Google

vement sur les deux systèmes d'aiguilles est très simple, il est connu dans les fabriques de châles sous le nom de mécanisme du *déroulage*. Il consiste dans une poulie à gorge fixée sur le bouton du prisme sur lequel les cartons sont placés. Cette poulie peut être folle et fixe à volonté, suivant que l'ouvrier agit dans un sens ou l'autre sur une corde attachée à la poulie. Si nous la supposons folle lors d'une passée, l'ouvrier la rendra fixe en l'engrenant pour l'autre de manière à faire revenir les cartons qui ont déjà travaillé sur eux-mêmes. Si la passée se composait, par exemple, de six cartons, soit des nos 1 à 6, lorsque le sixième aura travaillé, on les fera revenir tous sur eux-mêmes de façon à les faire de nouveau appliquer sur le cylindre en recommençant par le n° 1 et contre les aiguilles; mais cette fois l'action se communiquera au système d'aiguilles qui n'a pas fonctionné encore sous l'impulsion de ces six cartons. L'application alternative du prisme contre les deux séries d'aiguilles ne peut présenter aucune difficulté.

Tous les mouvements, pour ainsi dire accessoires d'un métier à faire les châles, tels que celui du déroulage, celui des lisses de levée ou de rabat et de liage, sont ordinairement commandés par la manœuvre d'une seule marche, appliquée à une petite mécanique supplémentaire qu'on connaît sous le nom de *mécanique à armures*. Le nombre des crochets de cette machine est restreint, ses fonctions se bornant à commander les mouvements supplémentaires dont nous venons de parler.

La vue de l'ensemble des dispositions suffira pour faire comprendre les fonctions de chaque partie d'après ce que nous venons de dire.

Parmi les différentes industries nationales, c'est aux plus récentes que le métier à la Jacquart paraît avoir rendu le plus de services. Nous voulons parler surtout de la fabrication du linge damassé, des châles et des tapis nommés moquettes anglaises. La première, arrivée au degré de perfection qu'on lui a donné dans ces derniers temps, peut réellement être assimilée à une industrie nouvelle. C'est par la connaissance profonde du tissage des étoffes façonnées que M. Feray d'Essonne est parvenu a exécuter des services de table, qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'élégance et de la parfaite exécution des dessins.

Notre belle industrie des châles si récente, est cependant celle qui a tiré le plus grand parti de l'invention de Jacquart. Nous n'avons pu donner que les principes fondamentaux et la description des dispositions les plus usitées, car chaque jour est témoin de nouvelles modifications heureuses.

Les hommes habiles qui sont à la tête de cette industrie rivalisent d'efforts pour arriver à la perfection des produits en simplifiant les moyens. Nous avons vu fonctionner chez MM. Godemard et Meynier, à Lyon, un métier pour châles faisant des découpures fil a fil sans l'entremise *d'aucune* lisse, et n'exigeant qu'un nombre de crochets moitié moindre. Ce résultat est obtenu par les inventeurs au moyen de quelques légères modifications dans la disposition du mécanisme combiné avec un empoutage nouveau et très rationnel. Une autre tentative, que nous ne devons pas passer sous silence, est celle qu'on a faite à plusieurs reprises pour tisser deux châles à la fois afin de diminuer la perte de matière.

Ce qui a été dit précédemment peut faire comprendre la cause de cette perte. Une passée, avons-nous dit, se compose d'autant de duites superposées les unes aux autres qu'il y a de couleurs différentes. Or, chaque duite chassée par la navette volante passe sur toute la largeur de la chaîne; elle ne doit cependant apparaître qu'en certains points, et se trouve par conséquent cachée en tous les autres; elle passe alors a l'envers et forme ce qu'on nomme une *bride* ou *floche*. Il en résulte par conséquent de nombreuses brides lorsque le tissu est terminé. Elles sont non seulement inutiles, mais elles rendraient le châle d'un poids incommode, si on ne les enlevait par un découpage à l'envers qui supprime tous les fils inutiles et diminue souvent le poids des châles de plus des 2/3; c'est donc une quantité considérable de laine qui se trouve perdue. Pour obvier à cet inconvénient, plusieurs fabricants ont cherché à tisser deux châles à la fois, de manière à faire servir les brides de l'un pour former la fleur de l'autre, en séparant ensuite les deux tissus par leur milieu, au moyen d'une machine spéciale à découper. A la dernière exposition, on a vu des châles tissés de cette façon, et provenant de deux maisons différentes. La chaîne dans ce cas est composée d'un nombre de portées et par conséquent de fils égal à celui que nécessiteraient les deux chaînes. Celles-ci sont emboutées sur deux mécaniques et passées dans 8 lisses au lieu de 4; une petite à armure fait mouvoir les 8 lisses dans l'ordre voulu pour effectuer alternativement le croisement Batavia de chaque tissu. Les mouvements des fils ont lieu de manière que ceux appartenant à une chaîne lèvent pendant que ceux de l'autre baissent.

Ces deux châles ne nécessitent qu'une seule mise en carte, et un seul lisage dont on tire deux exemplaires, ne différant entre eux que par l'ordre des couleurs, puisque celles qui doivent former l'endroit de l'un des tissus forment l'envers de l'autre. Il y a donc aussi économie de mise en carte et de lisage. Leur séparation est fort délicate, car le moindre accident dans le découpage peut causer un grand préjudice à l'étoffe. Aussi a-t-on apporté les plus grands soins à la construction des machines à découper; celle qui nous a paru la plus satisfaisante est la machine de MM. Boas frères dont le principe peut être expliqué en quelques mots.

Le double tissu à *fendre* dans son épaisseur est enroulé sur un cylindre d'où il se développe sur une table servant de point d'appui. Cette division est opérée par une espèce de lame de scie fixe ayant la largeur du tissu. A celle-ci est adapté un certain nombre de couteaux pointus qui ont un mouvement de va-et-vient dans le sens de la largeur du châle; les dents de la scie entament les brides, et le mouvement des couteaux finit le découpage; à mesure que la séparation a lieu, chaque tissu va s'enrouler sur un cylindre séparé; pour que l'opération réussisse bien, il est nécessaire que l'étoffe soit parfaitement tendue.

Le tissage de deux châles à la fois paraît être plutôt destiné aux châles ordinaires et à bon marché qu'aux riches. Ceux-ci, en effet, pour rivaliser avec ceux des Indes, exigent une grande perfection de travail a laquelle il est difficile de pouvoir arriver dans le tissage des étoffes doubles où l'une des surfaces ne peut être examinée qu'après son entière exécution.

L'aspect que présente l'envers des châles français est un des caractères les plus tranchés qui peuvent les faire distinguer de ceux si vantés des Indes. Le travail de ces derniers ne forme pas de bride et ne nécessite par conséquent pas de découpage. Le châle de l'Inde est tissé comme une espèce de tapisserie. Le fuseau remplace la navette volante. On se sert d'autant de fuseaux ou espoulins que de couleurs différentes. Chaque fil suit tous les contours du dessin qu'il doit former et ne sert qu'à ce contour; l'entrelacement des différents fils entre eux a lieu d'une manière analogue à celui exécuté par la formation des points dans le travail de la tapisserie à hautes lisses; seulement ces tissus sont formés par bandes qui sont cousues ensemble après leur confection. Les châles indiens présentent donc moins de déchets et beaucoup plus de solidité que les nôtres, puisque le croisement des fils est arrêté par des nœuds serrés à l'envers qui restent dans l'état où l'ouvrier les a formés lors du tissage. Aussi ces étof-

Digitized by Google

fes ne se défilent-elles jamais; et cependant ce n'est pas là le principal mérite des cachemires de l'Inde. L'harmonie, l'éclat et la variété de leurs couleurs les font surtout rechercher et leur donnent un grand prix et une véritable supériorité sur nos beaux châles, qui à leur tour se distinguent par le bon goût des dessins, par la régularité parfaite du tissage, tant du fond que des bordures. Ces qualités ne se retrouvent pas ordinairement dans ceux de l'Inde, où la nuance du fond est souvent désagréable et l'exécution des dessins plus ou moins imparfaite, suivant que les bandes ont été travaillées par des ouvriers plus ou moins habiles. Les coutures qu'exigent d'ailleurs ces châles pour réunir les différentes bandes qui les composent offrent un aspect peu élégant et peu digne de la clientèle qui les recherche. Mais comme les défauts que nous signalons dans les châles des Indes leur donnent un cachet particulier, ils deviennent souvent une qualité aux yeux de leurs propriétaires, comme certaines fautes typographiques dans des éditions rares sont aux yeux des bibliomanes passionnés une preuve de plus de la valeur du livre.

Le travail que font les Indiens est simple, facile et bien connu aujourd'hui, mais il est long et coûteux et ne peut par conséquent se faire avec avantage que dans les pays où la main-d'œuvre est à bas prix. Cette condition qui existe dans l'Inde, jointe à l'expérience séculaire de ses fabricants, à l'habileté si remarquable de ses teinturiers, donneront pendant longtemps encore la vogue aux produits riches de ces contrées, malgré les défauts qu'ils peuvent présenter et les tentatives d'imitation, assez heureuses cependant, qui ont été faites récemment.

Moquettes anglaises. Les tissus désignés sous le nom de *moquettes anglaises* sont des tapis veloutés, façonnés, qui sont produits par des procédés analogues à ceux employés pour les châles, si ce n'est qu'au lieu de faire usage d'une chaîne de la même couleur et dont tous les fils ont la même longueur, celle des moquettes est composée de fils de nuances différentes afin de multiplier davantage les moyens de varier les effets.

Comme la longueur des fils de diverses couleurs varie avec celles nécessaires aux effets à produire, au lieu de disposer les fils sur un ensouple unique, on les ourdit sur des séries de bobines ou roquetins supportés par rangées sur un banc incliné absolument comme on le fait pour l'ourdissage. Le bâti supportant toutes les petites poulies se nomme *cantre*.

Par cette disposition, il devient facile au besoin de changer les petites bobines d'une couleur par une autre, lorsque la chaîne doit présenter une nuance nouvelle, sans rien déranger à l'ensemble des dispositions et du travail.

Le tissage de la moquette anglaise réunit donc à lui seul presque tous les moyens usités pour la production des diverses étoffes. En effet, il nécessite : 1° l'emploi du mécanisme le plus complet de la Jacquart pour produire les ornements par la trame ; 2° les lisses de rabat et de liage, 3° la chaîne pour faire le fond ; 4° les différentes chaînes nécessaires soit aux boucles, soit au poil, suivant le cas ; 5° enfin les fers pour opérer la frisure ou le coupage du poil.

Le travail de la moquette par le métier à la Jacquart a été exécuté d'abord par un Anglais ; c'est M. Sallandrouze qui l'a pratiqué le premier en France dans ses beaux établissements d'Aubusson où nous l'avons vu exécuter.

Tissus brochés. Pour éviter les pertes de la matière lorsqu'elle est précieuse et pour conserver la légèreté qu'exigent certaines étoffes élégantes, les fleurs et les ornements qu'elles doivent recevoir sont souvent brodés à la main. Les brillants tissus de soie pour ornements d'église et pour toilette de cours ou costumes de théâtre sont souvent produits de cette façon. Pour diminuer la dépense considérable de main-d'œuvre qu'exige ce mode de procéder, on a cherché à brocher les châles mécaniquement ; plusieurs systèmes de battants-brocheurs ont été imaginés dans ce but. Mais de tous ceux-ci nous n'en connaissons qu'un, celui de MM. Godemard et Meynier, qui soit réellement employé. Nous l'avons vu fonctionner à Lyon chez les inventeurs ; nous en avons également vu faire une application des plus ingénieuses à Amiens où l'on en fait usage pour faire des mousselines festonnées. (Voyez BATTANT-BROCHEUR.)

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES PRINCIPAUX TISSUS.

Étoffes pour meubles et ornements d'église. Les effets imitant la taille-douce, employés en général pour reproduire les gravures et les ornements si compliqués que représentent les étoffes pour meubles et pour ornements d'église, tels que les *brocards*, les *lampas*, les *damas*, les *taffetas lamés brochés*, sont fabriqués principalement à Paris, à Lyon et à Tours. Ces tissus sont généralement exécutés sur une largeur de 11/24, ancienne mesure, ou 0m,55, contenant vingt portées. Le nombre de fils en dents et en maillons varie de trois à dix, suivant le genre à produire. Les découpages ont toujours lieu fil à fil, ce qui nécessite l'adjonction des lisses, qui sont disposées sur plusieurs corps à cause de la complication des dessins à exécuter. Le nombre de lacs ou couleurs par duite, varie suivant le genre et la richesse de ces tissus ; il est compris le plus fréquemment entre deux et six ; il y a rarement moins de deux passées ou lacs et plus de six.

Étoffes mélangées pour ameublements. L'industrie de Rouen fabrique une étoffe pour ameublement moins riche, toujours tramée en laine, mais dont la chaîne est tantôt en fils de coton, tantôt en fils de soie ou de fantaisie, et dont les dispositions les plus ordinaires pour les articles courants sont les suivantes : les largeurs de ces tissus varient suivant leur destination ; on leur donne cependant assez généralement 0m,80 environ, lorsqu'ils sont destinés à des tentures ordinaires, à des fauteuils ou des chaises ; elle est augmentée jusqu'à 1m,60 lorsqu'on les réserve pour rideaux, pour de larges portières, etc.

Il y a nécessairement aussi des variations dans la quantité des fils employés, mais les nombres les plus usités sont 82 fils par 0m,027 pour chaîne de coton, 90 lorsqu'on fait usage de fantaisie, et 100 fils si c'est de la soie ; le nombre de fils en dents varie de 2 à 3.

On fait quelquefois aussi des étoffes pour meubles à double chaîne, pour produire deux effets différents sur les deux côtés ; ce genre ne présente d'autres particularités dans le montage que la nécessité d'un corps de plus pour la seconde chaîne, comme nous l'avons expliqué en parlant des tissus à double chaîne.

Étoffes pour gilets. Pour la plupart des étoffes d'un même genre, les largeurs restent invariables, mais le nombre de fils compris dans la largeur change avec les qualités que l'on veut donner à l'étoffe. Le *piqué blanc*, qu'on fabrique à Saint-Quentin et à Mamers, peut offrir un exemple de ces variations. Cet article est généralement produit avec un peigne d'une largeur constante de 0m,66. Le nombre de fils varie de 1.000 à 2.000 ; le dernier nombre n'est guère employé que par quelques maisons qui imitent le piqué anglais si recherché. Les fils sont généralement passés par trois entre chaque dent.

Les étoffes pour gilets, nommées *cachemires de Paris*, ont à peu près la même largeur que les piques. Le nombre de fils employés est moyennement de 2.400 passés par deux fils en dent. Les empoutages pour ce genre

Digitized by Google

changent nécessairement, comme à l'ordinaire, avec la complication des dessins. Mais la quantité de cordes reste circonscrite entre 400 et 600; elle atteint même rarement ce dernier nombre.

Tissus de velours. Un des genres les plus variés dans le commerce est sans contredit le velours. Ainsi on connaît les velours de coton, les velours de laine et les velours de soie. Dans ces derniers, on distingue le *velours uni frisé*, le *velours uni coupé*, les *velours frisés façonnés*, les *velours coupés façonnés*, les *velours ciselés*, qui offrent des effets de velours uni et frisé combinés; les *velours ciselés liserés*, produits comme le précédent avec des additions de petites côtes; le *velours sans pareil*, dont le fond est formé par un tissage de velours uni, et les dessins par un velours frisé ou réciproquement: le *velours miniature*, qu'on ne peut exécuter qu'à un grand nombre de chaînes et avec l'aide de la cantre; c'est celui qui présente les effets de chaînes les plus variés, etc.

La double chaîne que tous les velours nécessitent donne un élément principal de plus, qui contribue à diversifier les effets qu'on peut obtenir; tous ces velours sont produits sur la même largeur de 0m,55 (11/24). Les nombres de portées et de fils en dents sont seulement variables. Il est évident aussi que le montage diffère également suivant le dessin plus ou moins compliqué du tissu; on fait rarement usage de moins de vingt portées et de plus de vingt-cinq. On passe de six à dix fils en dents, et quelquefois même douze. Ce dernier nombre est réservé au velours de plusieurs couleurs, que l'on nomme *velours miniature*. Ces fils sont passés de manière à être convenablement partagés entre les deux chaînes. Ceux destinés au poil dépassent rarement deux: le surplus sert à former le corps du tissu; cependant pour le velours frisé uni seulement, on passe quatre dents pour le corps de la pièce et quatre pour le poil.

Dispositions des étoffes simples et unies. La disposition des étoffes ordinaires unies, en laine, en coton ou en lin, est extrêmement simple; les remettages et montages n'exigent que la connaissance des quatre, ou plutôt des trois armures fondamentales seulement. L'armure taffetas, l'armure croisée ou batavia et la sergée, comprenant les différentes combinaisons usitées dans le tissage de la draperie. La première est réservée aux draps unis et lisses; la seconde aux casimirs et aux différents tissus croisés, et l'armure sergée aux draps *castors*, doubles broches, etc. La largeur sur laquelle on tisse généralement la draperie est de 2m,70 (100 pouces). Le nombre de fils change avec la force que le drap doit avoir; cette variation est comprise dans les limites de 2,500 à 3,800 fils. Le nombre de fils à mettre en dents est de deux pour la draperie ordinaire, et de trois pour les cuirs laines et les doubles broches.

Les articles de modes dits nouveautés sont généralement produits sur une largeur de 1m,48 à 1m,80. La quantité de fils pour les nouveautés les plus fortes pour étoffes d'hiver, varie de 3,500 à 4,500; et pour celles d'été, dont la largeur est quelquefois un peu moindre, la quantité en dents varie de 3 à 5. Quant à la quantité de trame employée dans les tissus, elle est proportionnelle à celle de la chaîne; elle augmente et diminue par conséquent, en général, dans le même rapport.

Pour les tissus plus simples encore, tels que les cotonnades et les toiles, les différences se bornent exclusivement à la plus ou moins grande quantité de fils contenue dans l'unité de surface.

Le tableau ci-contre donne ces principales variations pour les étoffes dont l'usage est le plus répandu.

On remarque par cette table que la quantité de chaîne et de trame comprise dans l'unité de surface est à peu près la même. Cette égalité n'existe en général que pour les articles ordinaires indiqués dans ce tableau. Lorsque la finesse des tissus augmente, le rapport entre celle de la chaîne et de la trame n'est plus le même; on emploie alors des fils pour trame dont la finesse est en général de dix numéros plus élevée que celui des fils de la chaîne; ainsi, si la chaîne est du 25 ou 30, par exemple, on se sert du n° 35 ou 40 pour la trame, et lorsque la finesse du tissu est plus grande encore, et qu'on fait usage des fils des n^os^ 60 à 90, la différence entre la finesse des fils de la chaîne et de la trame s'élève jusqu'à vingt numéros. C'est donc des numeros 80 et 120 qu'on tisse en trame dans ces derniers cas, et le nombre de fils en trame par *quart de pouce*, augmente également plus ou moins dans le rapport de 1 à 10. Comme les fils de la trame sont toujours moins tordus que ceux de la chaîne et que le tissu en contiendra davantage, il en recevra une apparence unie, brillante et souple, qui convient parfaitement à beaucoup de variétés, et surtout aux étoffes qui doivent recevoir la teinture ou l'impression.

TISSAGE A HAUTES LISSES.

Le tissage à hautes lisses tire son nom de la disposition des fils de la chaîne, et de celle des lisses fixées à la partie supérieure de la chaîne, au-dessus de la tête de l'ouvrier. Il est généralement appliqué aux étoffes pour tapisseries et tentures, et particulièrement pour les tapisseries les plus estimées et certaines variétés de moquettes, tandis que les métiers à basses lisses sont réservés à la production des tapis d'un travail moins fini et, comme nous l'avons vu, des moquettes les plus ouvragées, dites moquettes anglaises. L'origine du travail des tapisseries en France remonte, comme celle de beaucoup d'autres industries, à l'époque des croisades (1). Il a été encouragé par Henri IV et Sully, et, plus tard, par Louis XIV et Colbert. C'est ce dernier ministre, comme on sait, qui acheta aux frères Gobelins leur établissement de teinture pour le transformer en une manufacture royale, qui porte encore le nom des vendeurs.

La teinture des frères Gobelins avait acquis une telle supériorité, que leurs contemporains attribuèrent le talent de ces célèbres artistes à un pacte que l'un d'eux aurait fait avec le diable. Cette anecdote est très sérieusement racontée dans un ouvrage publié en 1716, qui a pour titre le *Teinturier parfait*.

L'activité de la Manufacture royale des Gobelins a subi bien des variations depuis l'impulsion que Colbert avait cherché à lui imprimer. Les ateliers furent complétement fermés dans les premières années de la révolution. La Manufacture fut réorganisée en l'an II de la république, et n'a cessé depuis lors de travailler pour l'ameublement des différents châteaux de l'État, concurremment avec l'établissement de Beauvais, destiné au même travail, excepté à la teinture, qui est faite exclusivement aux Gobelins sous l'habile direction de M. Chevreul.

Les tapisseries si renommées d'Aubusson et les beaux tapis de Turcoing, sont des produits de l'industrie privée.

On distingue dans le tissage à hautes lisses le travail des tapis ras ou de la tapisserie exécutée par le point, anciennement connu sous le nom de point sarrasinois ou façon de Turquie, et le travail des tentures à surface veloutée, dont les produits conservent plus généralement le nom de tapis.

La méthode sarrasinoise paraît être la plus ancienne. Château-Favier, inspecteur des manufactures de la province de la Marche, en 1785, fait remonter les premiers établissements qui employèrent ce procédé à l'an 730; il les attribue à des Sarrasins qui vinrent s'installer à Aubusson et à Felletin. Cette fabrication se continua

(1) Une des plus anciennes tapisseries que l'on connaisse est attribuée à la reine Mathilde; elle représente la conquête de l'Angleterre par les Normands.

Digitized by Google

Table de proportions (1), *observées entre les numéros et le nombre des fils de chaîne et de trame, dans la composition des tissus de coton suivants.*

N^os d'ordre.	LARGEUR du peigne.	LARGEUR de la toile.	Portées.	NUMÉROS de chaîne.	NUMÉROS de trame.	NOMBRE DE FILS en 1/4 de pouce. Chaîne.	NOMBRE DE FILS en 1/4 de pouce. Trame.	TISSÉ à trame mouillée ou sèche.	NOM des étoffes.	DESTINATION ET EMPLOI.
	millim.	centim.								
1	960	3/4,90	36	6	6	11	10	mouillée.	Cretonne double.	Blanc et mi-blanc pour domestiques.
2	965	» »	38	10	10	11 1/2	11	»	Cretonne.	Id.
3	936	» »	40	28	32	12	12	sèche.	Mousseline grasse.	Blanc pour rideaux et doublures.
4	965	» »	43	12	12	13	13	mouillée.	Cretonne.	Blanc et mi-blanc.
5	965	» »	45	14	14	13 1/2	»	»	»	Id.
6	965	» »	50	15	15	15	15	»	»	Id. pour linge de ménage.
7	965	» »	55	15	13	16 1/2	»	»	»	Écru et mi-blanc pour la troupe.
8	970	» »	56	22	26	17	18	»	Calicot.	Blanc et teinture.
9	965	» »	57	16	16	17 1/2	17	»	Cotonnade	Id. pour draps de lit.
10	965	» »	62	18	16	18 1/2	»	»	»	Id. Id.
11	940	» »	60	26	36	18	»	sèche.	Calicot.	Impression et teinture.
12	940	» »	63	28	»	19	»	»	»	Impression.
13	970	» »	65	»	32	19 1/2	20	mouillée.	»	Id.
14	970	» »	»	»	38	»	22	»	»	Id.
15	965	» »	66	20	20	20 •	20	»	Cotonnade	Blanc pour chemises.
16	970	» »	70	26	36	21	22	»	Calicot.	Blanc et impression.
17	970	» »	72	28	38	21 3/4	23	»	»	Impression.
18	970	» »	»	»	»	»	26	»	»	Blanc et teinture en rouge.
19	970	» »	75	30	40	22 3/4	24	»	»	Impression.
20	973	» »	»	»	38	»	26	»	»	Rouge.
21	973	» »	78	34	42	23 1/2	»	»	»	Impression.
22	975	» »	80	»	46	24	»	»	Percale.	Id.
23	954	» »	»	60	80	»	24	sèche.	Mousseline	Blanc, apprêt batiste.
24	954	» »	»	80	100	»	»	»	»	Id. et impression.
25	975	» »	»	34	42	»	28	mouillée.	Percale.	Blanc.
26	975	» »	82	»	44	25	23	»	»	Impression.
27	978	» »	85	38	44	25 3/4	26	»	»	Id.
28	978	» »	86	36	52	26	28 à 30	»	»	Id. et blanc.
29	980	» »	90	44	60	27	29 a 31	»	»	Id. Id.
30	983	» »	95	70	100	29	32	»	Jaconat.	Id. Id.
31	983	» »	»	80	110	»	36 à 38	»	»	Id. Id.
32	985	» »	»	85	116	»	34 a 36	»	»	Id. Id.
33	985	» »	100	90	120	30 1/2	38 à 40	»	»	Id. Id.

dans le pays après l'expulsion des Sarrasins, des Gaules, grâce aux encouragements des comtes de la Marche, qui firent venir alors d'habiles ouvriers flamands.

Nos fabriques de tapis paraissaient être arrivées à un grand développement dans le dix-septième et le dix-huitième siècle. L'inspecteur que nous venons de mentionner fait ainsi l'énumération de l'emploi des tapis d'Aubusson et de Felletin :

« Les ouvrages en tapisseries qu'on fabrique consistent en tentures de toutes espèces, fauteuils, cabriolets, chaises, canapés, ottomanes, bergères, lits, cartonnières, écrans, portières, caparaçons et housses pour les chevaux, couvertures de mulets, bandouillères de gardes, galons de livrées, tapis ras, tapis veloutés. »

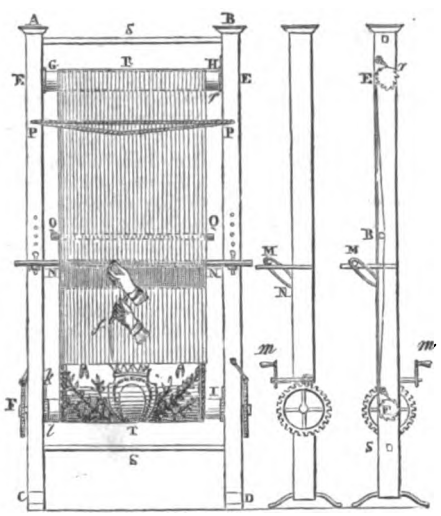
Cette consommation variée devait donner au chiffre des affaires une importance assez grande, et peut-être n'était-il pas de beaucoup au-dessous de 8 millions de francs, somme à laquelle on évalue la production actuelle pour toute la France. Le peu d'importance de cette industrie si belle, dont les produits sont recherchés par les cours étrangères, tient sans doute à ce que la masse des consommateurs considère encore comme objets de luxe les tapis, dont l'emploi est néanmoins si utile et si hygiénique, et à ce qu'elle ne peut atteindre des conditions économiques susceptibles d'augmenter ses débouchés.

Les conditions dans lesquelles se trouve cette industrie sont particulières, quand il s'agit de produire ces admirables tentures qui réunissent les précieuses qualités de la peinture et de la broderie. La valeur de la matière première devient insensible par rapport à celle de la main-d'œuvre, et un très petit nombre de consommateurs seulement peuvent prétendre à ces travaux tout à fait artistiques. Dans la confection des tapis ordinaires, au contraire, le prix de la matière première l'emporte de beaucoup sur celui de la main-d'œuvre. C'est donc de l'abaissement du prix des laines, de la diminution des déchets dans la fabrication qu'on peut attendre le développement futur de cette branche spéciale. Nous allons voir par la description des moyens de fabrication qui sont encore ce qu'ils étaient du temps des Sarrasins, qu'ils laissent peu de choses à désirer sous le rapport de la simplicité.

(1) Ce tableau est extrait d'une publication interessante sur le parage et tissage mécanique du coton faite par *Bédel*, ex-directeur du tissage, et M. *E. Bourcart*, directeur en chef de la filature et du tissage mécanique d'Augsbourg, ancien elève de l'Ecole centrale des Arts et Manufactures.

Digitized by Google

Description du métier à hautes-lisses. La fig. 2506 représente la vue de face du métier à hautes-lisses tel qu'il est encore généralement employé. On a figuré la chaîne tendue et un ouvrage ras en exécution. Les fig. 2507 et 2508 montrent les vues de côté des montants du métier.



2506. 2507. 2508.

A, B, C, D, sont deux montants verticaux d'une hauteur plus ou moins grande suivant celle des tissus qu'on doit produire; ils sont assemblés à leur partie inférieure dans des patins solidement établis, et à leur supérieure, ils sont fixés au plafond ou de toute autre manière, réunis par deux entre-toises S; ils reçoivent par leurs tourillons E deux cylindres ensouples G, H, placés à la partie supérieure, et disposés à celle inférieure A. Ces deux ensouples ont les mêmes fonctions que ceux du métier à basses-lisses, celui supérieur est destiné généralement à recevoir la chaîne avant le tissage et l'autre à enrouler le tissu après sa confection. Quelquefois, ces cylindres portent à leurs extrémités des trous pour recevoir des bâtons au moyen desquels on les fait tourner comme des treuils pour serrer les chaînes; mais le plus souvent on monte une roue G, engrenant avec une vis sans fin *v* qui reçoit son mouvement par une manivelle *m*. Comme on le voit, cette commande est destinée à opérer la tension des fils de la chaîne et à enrouler la tapisserie à mesure que le travail s'effectue. La roue à rochet *r* avec son déclic *a* pour but d'empêcher celle d'engrenage de revenir, et par conséquent, de maintenir la tension. Le bâton rond Q, est nommé bâton d'entre-deux, il remplace ceux d'enverjure des chaînes à basses lisses et sert donc à séparer les fils de la chaîne en deux parties sur deux plans; la petite corde P P a le même but. On nomme *perche à lisses* le bâton L M; c'est à celui-ci que sont fixées toutes les lisses N, N, qui communiquent aux fils du derrière (Nous verrons en décrivant la manière de faire le point, que les fils du devant n'ont pas besoin de lisses).

Montage de la chaîne. La chaîne étant ourdie, d'après les règles que nous avons données en traitant de l'ourdissage, on place régulièrement les *piennes*, ou portées, dans les dents du vautoir dont on a ôté le chapeau *a*. Ces fils placés, on assemble les deux pièces du vautoir et on le fixe dans la rainure qui lui est réservée dans l'ensouple supérieur; puis on procède à la tension de la chaîne sur la partie inférieure de l'ensouple au moyen de la manivelle; il est important que tous les fils de la chaîne soient soumis à une tension égale.

Toutes les chaînes pour tapis ou tapisseries sont formées en fils de laine blanche, généralement retordus et d'excellente qualité; aux Gobelins, on emploie des laines dites d'Allemagne; seulement lorsqu'on monte une chaîne pour tapis velouté, on a soin de disposer en fil de couleur, ordinairement en fil rouge, de dix en dix fils. L'intervalle entre chaque fil de couleur se nomme une dizaine.

Ces divisions permettent de déterminer avec plus de facilité et d'exactitude les différents points du dessin, d'après le dessin original ou la mise en carte qui est exposée à la partie supérieure du métier, mais au lieu d'être divisée par des carrés, elle est pointée, de manière que la distance entre deux points corresponde à celle comprise entre deux fils de couleur de la chaîne.

Les fils d'une chaîne pour de la tapisserie sont tout blancs, il ne suffirait pas de la partager par dizaines, parce qu'il est indispensable pour arriver à la perfection qu'on exige dans ce travail d'esquisser le dessin sur les fils tendus de la chaîne de manière à pouvoir suivre tous les contours avec plus d'exactitude. Pour cela le dessinateur se sert d'un calque qu'il prend sur le tableau à reproduire et qui lui-même reste exposé près de l'ouvrier de manière à ce qu'il puisse assortir les nuances et les appliquer avec plus de précision. Les nombreux tons qu'exige l'exécution d'une tapisserie sont tous formés avec huit ou neuf couleurs fondamentales; c'est avec elles qu'on compose la gamme la plus complète possible en nuances; chaque nuance de fil est enroulée sur une broche ou fuseau. Lorsqu'un ouvrier commence son travail, il choisit ses nuances dans un magasin spécial pour les fils de laines teintes; au tissu sont attachées autant de broches qu'il faut de tons différents.

Le travail du tissage à hautes lisses est produit par la formation des mêmes nœuds ou boucles formés successivement autour des fils blancs de la chaîne par ceux de couleurs dont les broches sont chargées.

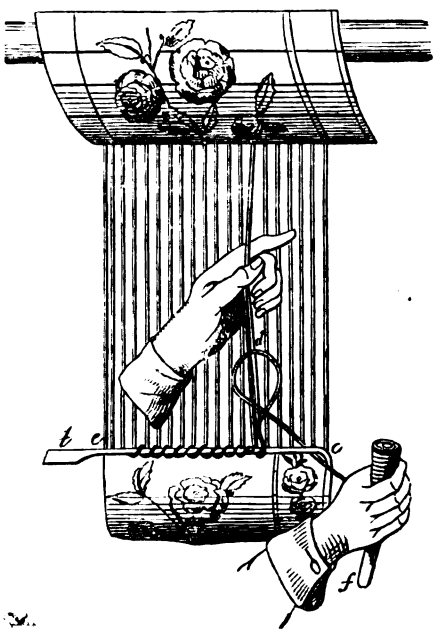
Exécution du travail. Pour faire le tissage, l'artiste tapissier prend, de la main droite, la broche garnie du fil dont il a besoin, et passe la main gauche dans l'écartement que le bâton de croisure établit entre les fils de la chaîne. Il tire en avant un ou plusieurs fils, suivant l'espace qu'il veut recouvrir, et y passe de gauche à droite le fil de recouvrement au moyen de la broche; il tend ce fil autour de celui ou de ceux de la chaîne qu'il enveloppe, et il le tasse avec la pointe de sa broche. Cette première partie de l'opération est appelée une *passée*. Celle-ci faite, l'ouvrier laisse reprendre aux fils du devant leur position verticale, et il ramène ceux du second plan sur le devant, au moyen des lisses, puis il exécute également une passée sur eux en dirigeant la broche en sens contraire de celui de la passée précédente; il tend et tasse de nouveau cette partie, cette allée et cette venue ou les deux passées constituent une *duite*. La fig. 2506 indique la position du fuseau et des mains pour exécuter le point. Deux duites forment ce que l'on désigne dans la spécialité par une hachure; généralement, on forme des hachures avec deux duites, embrassant un nombre différent de fils, ce qui facilite le mariage insensible des nuances et le passage d'un ton à un autre.

Tous les autres détails qu'il est nécessaire de connaître pour produire un travail parfait sont entièrement du ressort des beaux-arts et complétement étrangers à la spécialité de notre ouvrage.

Travail des tapis veloutés. Le travail fondamental du tissage des tapis consiste dans la formation du *point*. Pour faire le point, l'ouvrier prend la broche de la main droite et passe le fil de laine de la broche derrière celui qu'il veut recouvrir, comme on le voit en *c* (fig. 2509).

Digitized by Google

Ce passage, derrière un des fils du devant, est appelé une passée; lorsque celle-ci est faite sur ce fil, on amène en avant celui qui est derrière au moyen de la lisse, et on fait un nœud coulant qu'on serre dessus. Le point est alors formé, mais au lieu de serrer le point directement sur les fils de la chaîne, on a soin de passer un petit outil *e*, nommé *tranche-fil*, sur lequel on serre le nœud. Lorsqu'il y a un nombre de points formés suffisant pour recouvrir la longueur du tranche-fil, on le retire dans la direction du tranchant. La partie tranchante coupe alors les boucles qui l'enveloppent, et la surface veloutée se trouve formée. On voit



2509.

que l'outil tranchant tient lieu des fers et des rabots employés dans le tissage du velours en général. Lorsqu'une rangée complète de points est faite sur toute la largeur du tapis, il faut établir la liaison entre les fils du derrière et ceux du devant. A cet effet, on passe un gros fil de chanvre ou de lin, d'un bout à l'autre du tapis, dans l'ouverture croisée établie par le bâton d'entre deux; après chaque rangée, on passe un fil semblable entre les croisures qui se forment alternativement entre les fils du devant et ceux du derrière; c'est ce qu'on nomme passer en *duite* ou en *trame*. Après chaque formation de trame, on serre les points et les fils de duite, au moyen d'un petit peigne dont les dents entrent dans les fils qui ne sont pas encore recouverts et tassent la partie tissée.

Le tranche-fil ne coupant jamais les boucles d'une manière assez uniforme, on a soin d'égaliser la partie irrégulière avec des ciseaux à branches courbes. Les dimensions des tapis et des tapisseries sont très variables; celles-ci sont généralement plus grandes que les tapis.

On fait aux Gobelins des tapisseries dont la surface dépasse souvent 5 mètres sur 15. Nous avons vu chez M. Sallandrouze, à Aubusson, un magnifique tapis de cette longueur qu'on fabriquait pour l'empereur d'Autriche. Les laines pour chaînes, employées par les manufactures royales, sont généralement doublées et retordues, et leurs numéros varient de 10 à 25.

Le nombre des fils varie suivant la complication des sujets que l'on veut représenter, de huit cents à douze cents, par mètre de largeur; ceux-ci sont grillés pour enlever complétement le duvet. Le travail des métiers à hautes lisses est, sans contredit, le plus parfait de tous, mais c'est aussi de beaucoup le plus long. On compte aux Gobelins qu'un mètre carré nécessite moyennement une année de travail d'un ouvrier, et revient à environ 3.000 francs.

Le tissage à basses lisses qui s'exécute plus rapidement est moins parfait, parce que le dessin ne peut se produire qu'à l'envers, et que l'ouvrier ne peut examiner et suivre son travail que difficilement.

Ces inconvénients furent signalés à Vaucanson, par les directeurs des Gobelins. Ce dernier chercha à y remédier par l'établissement d'un métier mixte, qui peut prendre à volonté la position verticale, horizontale, plus ou moins inclinée. On commençait par tendre la chaîne et y tracer le sujet à exécuter, comme sur les métiers à hautes-lisses; pour travailler, on faisait basculer le métier dans les montants, de manière à lui donner la forme des métiers à basses-lisses. Puis enfin, lorsqu'on voulait examiner le travail, on redressait de nouveau le métier verticalement. Cette machine participait, comme on voit, des deux systèmes; on avait cherché à y combiner les avantages des deux méthodes. Ce genre de métier existe encore à la Manufacture royale des Gobelins, mais il est peu employé. On en trouve le plan et la description détaillée dans un Mémoire que Vaucanson adressa à l'Académie des sciences, en 1758. Depuis on a eu l'idée d'appliquer ce mécanisme à de petits métiers à broder la tapisserie. ALCAN (1).

TITANE. Métal d'un jaune de cuivre qui, ainsi que ses composés, est très rare et n'a jusqu'ici reçu aucun emploi dans les arts.

TOILES PEINTES. Voyez IMPRESSION SUR ÉTOFFES.

TOLE. Voyez FER.

TONDEUSE. Voyez TISSAGE.

TOPAZE. Voyez LAPIDAIRE et GEMMES.

TOUR. Le tour occupe incontestablement le premier rang parmi les machines-outils, son usage est général dans une foule de professions, et il n'existe pas d'atelier de construction qui n'ait un ou plusieurs tours avant de posséder aucune autre machine-outil. Le travail de ces dernières peut, en effet, être exécuté avec précision, quoique beaucoup moins rapidement, à la main, tandis qu'il serait très difficile, pour ne pas dire impossible, de remplacer en aucune manière la précision mathématique et la rapidité d'exécution des pièces circulaires obtenues par l'usage du tour. Employé par beaucoup de personnes, cet outil s'est perfectionné rapidement, il a subi un grand nombre de modifications importantes; on l'emploie à former non seulement des surfaces cylindriques, mais encore des cônes, des surfaces planes, sphériques, des polyèdres de toutes les formes, des hélices, etc. Il sert journellement à percer et à aléser des trous tant cylindriques que coniques. Aussi le voit-on, suivant ces divers usages, se modifier et se subdiviser en outils spéciaux, qui, tout en découlant du même principe, sont chacun plus ou moins particulièrement destinés à reproduire telle ou telle forme. Sa manière d'opérer est, du reste, tout à fait opposée à celle des autres machines-outils et outils. L'ajusteur qui attaque le métal à la lime, ou l'emporte au burin, transporte le point d'application de l'effort qu'il déploie, et produit ainsi un travail; dans le tour, au contraire, la matière à emporter se présente au tranchant de l'outil, et le tourneur ne développe qu'une force minime, souvent même il place son outil sur un chariot qu'il fait

(1) Extrait de l'*Essai sur l'industrie des matières textiles*.

Digitized by Google

mouvoir et regarde la matière s'enlever par l'action d'un moteur extérieur auquel il peut souvent emprunter une force illimitée.

Presque tous les tours sont horizontaux, quelques-uns sont verticaux, ceux employés par le potier, par exemple.

On distingue dans les tours deux grandes subdivisions ; les tours à pointes et les tours en l'air. Dans les premiers la pièce à tourner se trouve placée entre deux pointes fixes et on la met en mouvement en fixant sur elle une poulie qui reçoit, au moyen d'une corde, un mouvement circulaire continu ou circulaire alternatif. D'autres fois, et c'est le cas le plus général, une des pointes forme l'extrémité d'un arbre auquel on donne un mouvement de rotation, mouvement qui se communique à la pièce à tourner par le moyen d'un taquet fixé à cet arbre. La seconde pointe peut se rapprocher ou s'éloigner de la première suivant la longueur de la pièce à travailler.

Cette seconde espèce de tour à pointe peut se transformer en tour en l'air en supprimant la seconde pointe et en plaçant la pièce à l'extrémité de l'arbre mobile, on peut alors l'attaquer de tous les côtés, excepté par le point d'attache.

Rien de plus simple que le tour à pointes : deux jumelles en bois parallèles et distantes l'une de l'autre sont supportées à leurs extrémités par deux pieds ; cette disposition n'est pas particulière au tour à pointes, elle peut être employée pour le tour en l'air.

Les pièces de bois qui supportent les pointes sont appelées *poupées*, ce sont des billes de bois carrées, terminées par un tenon à double arrasement qui pénètre entre les deux jumelles, les dépasse en dessous et porte à sa partie inférieure une mortaise transversale dans laquelle on passe une clef en bois qu'on chasse à coups de masse pour faire appuyer fortement la poupée sur les jumelles. Les pointes sont fixées à 3 décimètres au-dessus du banc, et à 1 décimètre environ du sommet de la poupée. D'ordinaire, la pointe de gauche est immobile ainsi que la poupée, et la pointe de droite de la poupée mobile est une vis pointue vissée dans cette poupée qu'elle peut dépasser de 1 décimètre du côté de la première pointe.

Il faut maintenant donner au tourneur un appui solide sur lequel il puisse poser son outil afin d'attaquer la pièce fixée entre les pointes. Cet appui s'appelle support à chaise, et se compose de trois parties : la *semelle*, la *chaise* et la *cale*.

La semelle est une planche de 3 à 4 centimètres d'épaisseur sur 14 de largeur, et de longueur variable suivant la force du tour. Elle porte dans une partie de sa longueur une ouverture longitudinale large de 3 centimètres, destinée à recevoir le collet d'un boulon dont la tête carrée sera noyée dans deux feuillures pratiquées le long des côtés de l'ouverture et en dessous ; le boulon passe entre les jumelles, traverse une forte barre en bois, au-dessous de laquelle est un écrou à oreilles avec lequel on opère la pression et la fixation de la semelle sur l'établi. On comprend facilement qu'en desserrant le boulon on peut faire glisser la semelle dans un sens perpendiculaire à la ligne des pointes et même l'incliner par rapport à cette ligne ; on peut aussi la faire marcher le long des jumelles et la placer par conséquent dans la position convenable par rapport à la pièce à tourner.

La *chaise* est un morceau de bois en forme d'équerre, appuyant par des branches horizontales sur la semelle à laquelle elle est fixée par un boulon. Ce boulon, taraudé à sa partie inférieure, s'engage dans un écrou noyé au-dessous de la semelle ; il se termine à sa partie supérieure par une forte tête percée de deux trous en croix dans lesquels on introduit la queue d'une clef pour serrer la chaise sur la semelle quand on a fait tourner de la quantité convenable cette chaise autour du boulon.

La *cale* est une planche épaisse de métal ou de bois dur qu'on attache devant la branche verticale ou le dossier de la chaise au moyen d'un écrou en T. Cette cale n'a par le bas que la largeur du dos de la chaise, dans le haut elle s'élargit et est terminée par deux pointes ; c'est sur la partie supérieure de cette cale que l'on appuie l'outil. Pour que la cale puisse être haussée ou baissée à volonté, le trou qu'on y pratique pour laisser passer le T, n'est pas rond mais allongé dans le sens vertical.

On emploie encore d'autres supports pour le tour en l'air ; tel est le support à barre composé d'une planche en bois parallèle à l'axe du tour et portée sur deux espèces d'équerres qui peuvent glisser à frottement dur et perpendiculairement à cet axe dans deux mortaises pratiquées dans les poupées au-dessous des pointes. Ce support est loin d'être aussi commode que le support à chaise qui vient d'être décrit et qui a l'avantage d'être aussi applicable au tour en l'air.

On communique à la pièce à tourner un mouvement, soit circulaire alternatif, soit circulaire continu ; dans le premier cas c'est au moyen d'une corde qui fait plusieurs fois le tour de la pièce et que deux hommes tournent alternativement ; d'autres fois, et c'est même le cas le plus fréquent, la corde s'attache à l'extrémité d'une perche élastique fixée par l'autre bout au plafond de l'atelier, descend verticalement en faisant plusieurs fois le tour de la pièce à tourner, continue ensuite à descendre et s'attache à un levier nommé *pédale*. Ce levier peut osciller autour d'un point fixe. Le tourneur place le pied sur la pédale, et pendant qu'elle descend il attaque sa pièce avec l'outil ; quand il relève le pied l'élasticité de la perche fait remonter la pédale et tourner la pièce en sens contraire.

Ce système est simple, mais entraîne une perte de temps considérable en occasionnant en outre de fortes vibrations dues à l'action intermittente de l'outil. Il est de beaucoup préférable d'enrouler la corde sur une poulie fixée à la pièce à tourner, et sur une seconde poulie plus grande mise en mouvement, soit par le pied du tourneur, soit par une manœuvre quand l'effort à produire est un peu considérable.

Rien de plus facile que de monter une pièce sur le tour à pointes ; s'agit-il par exemple d'un pied de lit, on bornoie la bûche d'où on doit le tirer ; si elle est droite il y a peu de déchet, si elle est courbe il faudra enlever beaucoup de bois. On trace aux deux extrémités deux cercles égaux en diamètre à la pièce que l'on veut obtenir, on place les centres de ces cercles de manière à ce que la ligne qui les joint ne s'approche jamais de la surface de la pièce en aucun point de plus près que le rayon définitif. Il faut beaucoup d'habitude pour arriver à remplir promptement cette condition. On enfonce alors les centres avec une pointe de fer conique et on fait entrer les deux trous ainsi obtenus dans les pointes du tour qu'on humecte d'huile pour adoucir les frottements, on serre assez les pointes pour que le bois ne balotte pas quand on l'ébranle, et pas assez pour l'empêcher de tourner librement.

On attaque d'abord le bois, quelle que soit sa nature, avec une *gouge*, outil demi-cylindrique affûté à son extrémité, qui dévore le bois avec beaucoup de rapidité, et que l'on tient incliné avec les deux mains, et en attaquant le bois au-dessus de son axe ; cet outil ne doit pas être présenté constamment en ligne directe devant l'ouvrier, mais incliné successivement de droite à gauche, après avoir produit un sillon de la profondeur de sa lame et même un peu moins.

Pour enlever les irrégularités produites par la gouge on emploie un *ciseau* ou *fermoir*, outil dont le tranchant est formé par la rencontre de deux biseaux. Cet outil se tient de même que la gouge, mais est plus difficile à mener, il termine complétement le cylindre ; on s'en

Digitized by Google

sert aussi pour mettre les bases du cylindre d'équerre avec son axe.

Le tour en l'air diffère du tour à pointes en ce que la pièce n'est plus reçue entre deux pointes, mais est fixée par l'intermédiaire d'un *mandrin* à l'extrémité d'un arbre en fer, supporté d'ordinaire par un collet et une pointe. Le collet et la pointe peuvent être portés par une poupée différente de la poupée qui porte le collet; est percée à la hauteur de la pointe d'un trou conique garni intérieurement d'une bague en cuivre ou en étain.

L'arbre est un morceau de fer tourné, conique dans la partie de sa longueur, qui doit être placé dans le collet; à droite de cette partie conique, on tourne une partie cylindrique qu'on filete avec une fichère et qu'on égalise au peigne; on y place un écrou qu'on tourne sur l'arbre même en ayant soin de le dresser parfaitement par devant; on fait dépasser la partie filetée de 3 centimètres en avant de l'écrou qui sert alors d'embase. On tourne l'arbre à gauche de la partie conique, on le coupe à la longueur voulue, et on y fait le trou où doit s'engager la pointe. Pour mettre en place on dévisse l'écrou qui prendra désormais le nom d'embase puisqu'il en remplit la fonction, on fait entrer la partie conique de l'arbre dans le collet conique de la poupée; on fait entrer la pointe de gauche dans le pointage de l'arbre, on remet l'écrou à embase sur la vis qui saille en avant de la poupée, on met de l'huile aux endroits qui frottent et le tour est prêt à fonctionner; après qu'on a fixé et calé sur son arbre la bobine à laquelle une corde doit communiquer le mouvement de rotation.

On a soin de serrer au moyen de la vis de la seconde poupée la partie conique de l'arbre contre le collet, afin d'empêcher tout mouvement, soit dans le sens latéral, soit dans le sens longitudinal; on doit desserrer un peu la pointe pour avoir un frottement plus doux toutes les fois qu'on communique à l'arbre un mouvement très rapide.

On a divers moyens de fixer sur l'arbre les objets à tourner : s'agit-il, par exemple, d'une pièce de bois qu'on doit tourner extérieurement et creuser intérieurement en forme de vase; on pratique vers le fond, avec une mèche, un trou de la grosseur de la vis du nez de l'arbre; on présente ce trou à la vis, et en faisant tourner, soit la pièce, soit l'arbre, on taraude le trou et on réunit l'arbre au morceau de bois. Le support à chaise décrit à l'occasion du tour à pointes est très commode dans cette occasion, pouvant prendre une infinité de positions, tant par le mouvement de la semelle sur les jumelles, que par le mouvement de rotation de la chaise sur le boulon qui la réunit à cette semelle, et par les différentes hauteurs auxquelles on peut placer la cale.

Le tour en l'air et le tour à pointes de l'horlogerie ne diffèrent de ceux que nous avons décrits que par les dimensions et la nature des matériaux qui les composent. Comme l'ouvrier qui s'en sert a continuellement les mêmes pièces à reproduire, il possède une quantité de petits mandrins spéciaux qui lui permettent de placer et fixer sa pièce avec beaucoup de rapidité. Il en est de même dans les manufactures où l'on fabrique les vis à bois, les mouvements de montre, etc.

Mais c'est surtout dans les grands ateliers de construction, que le tour a subi les modifications les plus importantes et reçu les plus grands perfectionnements. Établi sur des dimensions variables, destiné à travailler des pièces de dimensions et de formes très différentes, il a dû, pour satisfaire à ces exigences, se modifier et se subdiviser de beaucoup de manières. Quelques mots sur ce sujet ne seront pas inutiles.

Le tour à pointes fixes a disparu complétement, pour ainsi dire; plus de corde enroulée, plus de bobine fixée sur la pièce à travailler. Le mouvement circulaire continu est communiqué par le moteur général au moyen de poulies, de courroies et d'engrenages, qui permettent de varier beaucoup la vitesse de rotation suivant la nature et le diamètre des pièces à tourner. La pointe de gauche est toujours mobile et fixée, comme pour le tour en l'air, à l'extrémité de l'arbre, ordinairement supporté par deux collets et poussé par une pointe qui l'empêche de reculer dans le sens de la longueur; les poupées en bois sont remplacées par des poupées en fonte; la pointe fixée à la poupée de droite ne forme plus l'extrémité d'une vis, mais celle d'un arbre poussé dans le sens de sa longueur par une vis; disposition bien préférable, car dans le premier cas on remarque que, quand on tourne la vis à pointe, la pointe ne reste pas immobile, mais décrit un petit cercle.

L'extrémité de l'arbre moteur est taraudée extérieurement comme dans le tour en l'air, on y fixe d'ordinaire un plateau circulaire percé de trous ou des mandrins de formes variables, quand on se sert du tour comme tour en l'air et qu'on travaille des pièces qu'on ne pourrait pas fixer commodément sur le plateau. Quand on l'emploie comme tour à pointes, on fixe à l'extrémité de cet arbre, qui est à cet effet taraudée intérieurement, une pointe à vis. Pour entraîner la pièce dans le mouvement de rotation de l'arbre on place dans un des trous un boulon ou *toc* qui s'appuie contre un collier qu'on fixe au moyen d'une ou deux vis à l'extrémité de la pièce à tourner.

On distingue dans les ateliers de construction :

1° *Le tour à pointes simple* dont l'arbre moteur ne porte ordinairement qu'une ou deux poulies; son mouvement de rotation est assez rapide, aussi ne l'emploie-t-on que pour tourner le bois ou des petites pièces de cuivre ou de fer dont le diamètre ne dépasse pas 6 ou 8 centimètres; il est ordinairement établi sur deux jumelles en bois et porte un support à chaise analogue à celui que nous avons décrit.

2° *Le tour à pointes et à engrenages* établi ordinairement sur des dimensions plus considérables que le tour à pointes simple et sur lequel on peut obtenir des vitesses différentes suivant le diamètre ou la nature des pièces à tourner; il est établi aussi sur deux jumelles. Comme le tour à pointes simple, son support se compose d'une semelle ordinairement en fonte, sur laquelle on peut placer une chaise et une cale pour tourner à la main; le plus souvent cependant on remplace la chaise et la cale par un porte-outils à coulisses réuni à la semelle par un boulon et sur lequel on fixe l'outil. On peut, au moyen de deux vis de rappel qui conduisent les coulisses, faire marcher l'outil perpendiculairement ou parallèlement à l'axe de la pièce à tourner; quand on fait tourner le porte-outil sur le boulon qui le réunit à la semelle on peut avoir des directions inclinées.

Le tour s'emploie très souvent comme tour en l'air; on s'en sert aussi pour aléser des trous; quand les trous ont peu de profondeur on fixe sur le porte-outils un outil qui le dépasse d'une quantité égale ou un peu plus considérable que la longueur du trou; on fixe la pièce contre le plateau et on fait avancer l'outil dans le sens de l'axe.

Ce système est inapplicable pour les trous profonds, l'outil n'étant pas assez fort pour résister à un porte-à-faux de plus de 8 à 10 centimètres. On emploie alors quelquefois la disposition suivante :

On fixe l'outil sur un arbre parfaitement cylindrique et ajusté sans jeu dans un trou alésé dans l'arbre du tour; cet arbre doit être assez long pour entrer d'au moins 20 à 25 centimètres dans le trou, il peut du reste être maintenu en avant de la pièce à aléser par une lunette. Cet arbre ne peut tourner sur lui-même, mais doit avancer d'un mouvement très régulier, poussé par la pointe de la poupée mobile dont on fait avancer la vis, soit à la main, soit par un renvoi convenablement disposé. Ce moyen est souvent employé pour aléser des moyeux de roues d'engrenage dont on a auparavant tourné la partie extérieure; il est utile surtout dans des

Digitized by Google

ateliers peu considérables, qui ne possèdent pas d'alésoirs particuliers.

3° *Le tour à plateau* est destiné à tourner des pièces d'un grand diamètre tant en bois qu'en fonte; il est nécessaire alors de pouvoir obtenir des différences de vitesses beaucoup plus considérables que dans le tour à engrenages; ce tour ne s'emploie guère que comme tour en l'air, la poupée fixe est alors éloignée du chariot; la pièce à tourner peut alors avoir des dimensions, pour ainsi dire quelconques, tandis que dans les tours décrits jusqu'ici son diamètre était limité au double de la distance comprise entre la pièce et le banc. Ce tour est souvent employé pour l'alésage.

4° *Le tour parallèle et à chariot* qui diffère surtout des précédents par la disposition particulière du banc. Les deux jumelles en bois sont supprimées et remplacées par un banc en fonte composé de deux flasques verticales dressées sur leurs parties supérieures et latérales et servant de guides à un chariot qui peut marcher sur toute la longueur du tour. L'outil est placé sur ce chariot à la hauteur des pointes et doit se transporter bien parallèlement à la ligne qui joint leurs extrémités. Quelquefois les parties dressées des flasques paralleles sont remplacées par deux colonnes en fer tournées exactement cylindriques. Cette disposition rend la construction de la machine plus simple, car ces colonnes se font au tour, tandis que les flasques ne peuvent être faites qu'aux machines à raboter, ou au burin et à la lime par la main de l'ajusteur.

La poupée mobile est placée sur les flasques le long desquelles elle peut se transporter suivant la longueur de la pièce à travailler. Une fois mise en place on la fixe sur le banc au moyen d'une traverse et d'un boulon, d'une manière analogue à celle décrite dans le tour à pointes simples.

Le mouvement longitudinal est ordinairement transmis au chariot au moyen d'un pignon et d'une crémaillère; d'autres fois, par une vis qui règne sur toute la longueur du tour. Le tour à chariot est alors dit *machine à fileter*, et on l'emploie principalement pour faire avec beaucoup d'exactitude, des vis et des écrous de différents pas et de différents diamètres. Il y a des ateliers où on l'emploie pour faire de gros boulons avec leurs écrous. Le mouvement de rotation de l'arbre se transmet à la vis et par suite au chariot, par un système d'engrenages, qu'on peut changer de plusieurs manières pour avoir différentes vitesses du chariot et par suite différents pas dans les vis que l'on fabrique.

Quelques ateliers possèdent encore des tours spéciaux qu'il est impossible de décrire ici, et qui varient à l'infini suivant les diverses pièces à travailler. Il est des tours, par exemple, qui sont uniquement destinés à tourner des robinets et à aléser leurs boîtes; d'autres qu'on emploie pour tourner et aléser des surfaces sphériques, etc., etc.

Il reste pour finir cet exposé quelques mots à dire sur les outils employés par le tourneur.

Deux causes limitent la quantité de matière qu'on peut enlever avec un outil : les dimensions du tour et l'échauffement de l'outil; il est donc important de diminuer ces causes le plus que possible; à cet égard la forme des outils est très importante, pour le fer surtout.

Pour la fonte et le cuivre, le copeau une fois enlevé se brise en petits éclats, aussi les outils s'échauffent-ils peu et ces métaux se tournent à sec. Le fer, au contraire, est plus tenace, les parties enlevées restent ensemble, forment des copeaux qui, en passant sur l'outil, l'échauffent; aussi est-on obligé de rafraîchir avec de l'eau de savon ou de l'huile. En général les outils devraient être disposés à enrouler le copeau le moins possible après l'avoir détaché de la pièce. Il est clair que cet enroulement n'a lieu qu'aux dépens d'un frottement considérable sur le burin; cette observation a lieu aussi bien pour les machines à raboter, à mortaiser, etc., que pour les tours. Aussi certains ouvriers font-ils des outils, disposés de telle sorte, que le copeau quitte la pièce d'où on l'enlève sous l'angle le plus petit possible. De cette manière, on peut avec le même effort enlever des copeaux proportionnellement plus gros.

Les outils de tour se font ordinairement en acier fondu, ceux dont la pointe n'est pas trop fragile se trempent dans toute leur force et sans recuit. On doit faire revenir les outils dont la pointe est fragile, comme le *grain-d'orge*.

Les outils pour le fer sont des *crochets* qu'on présente à la matière, le manche élevé et appuyé sur le support sur lequel de petites dents ou encoches les fixent pour qu'ils ne puissent pas reculer; les outils fixés sur des chariots sont appelés *burins*, ils attaquent d'ordinaire la matière par un angle. D'autres fois, pour le cuivre, par exemple, ils sont arrondis et peuvent couper des deux côtés.

Quand on attaque une pièce de fonte dont la croûte est toujours très dure, on emploie un outil recourbé qui n'attaque pas directement cette croûte, mais la fait sauter en petits éclats en la prenant en dessous; la vitesse de rotation des pièces de fer ou de fonte qu'on attaque avec un outil fixé sur un chariot est d'environ 8 centimètres à la circonférence; au crochet la vitesse va jusqu'à 11 centimètres.

On termine ordinairement les surfaces à la *plane*, outil très large qui se manie à la main et qui enlève toutes les irrégularités laissées par le burin et le crochet; quelquefois on polit avec des limes garnies d'huile, pendant que la pièce tourne, et on rode avec de l'émeri et de l'eau.

On appelle lunette une potence qui soutient les pièces montées sur le tour à pointes; quand elles sont de faibles dimensions, la lunette se fixe d'ordinaire sur un support à chariot et se transporte avec lui. On a des lunettes de différents diamètres pour les différentes pièces, quelquefois les lunettes sont composées de 3 ou 4 pièces d'acier, qu'on éloigne ou qu'on rapproche à égale distance de la ligne des pointes au moyen de vis, et qui s'appuient sur l'arbre à tourner; par cette disposition la même lunette est applicable à différents diamètres. DUBIED.

TOURAILLE. Voyez BIÈRE.

TOURBE (*angl.* turf, *all.* torf). La tourbe (voyez COMBUSTIBLES) est le plus récent des dépôts de combustibles que l'on rencontre dans le sein de la terre; ces dépôts se forment encore de nos jours dans certaines vallées marécageuses (aux environs d'Amiens, par exemple), aux dépens de plantes aquatiques qui y végètent.

Les bancs de tourbe sont situés, en général, à une faible profondeur au-dessous de la surface du sol, et immédiatement sous la terre végétale. Dans le même banc, la tourbe est d'autant plus dure, plus compacte et plus noire, qu'elle a été extraite d'une plus grande profondeur. Ordinairement on distingue trois principales sortes de tourbes : la tourbe mousseuse, qui est très légère et spongieuse, entremêlée de tiges de roseaux, de joncs et de filaments végétaux; la tourbe moyenne, plus compacte que la précédente, d'un brun clair, renfermant encore une quantité plus ou moins considérable de fibres de végétaux; la tourbe noire, plus compacte encore, et dans laquelle tous les vestiges végétaux ont disparu.

Les terrains tourbeux se reconnaissent à la nature tremblante et élastique du sol. On les explore, ainsi que nous l'avons dit à l'article SONDAGE, au moyen d'une petite sonde terminée par une tarière en fer d'un faible diamètre, et dont la tige, en fer, est divisée en parties équidistantes et égales à la hauteur que l'on donne, dans le pays, aux *pointes* de tourbe. En enfonçant progressivement la tarière, à chaque fois d'une quantité égale à

Digitized by Google

une division de la tige, on détermine ainsi successivement, d'abord l'épaisseur des terres de recouvrement, puis celle du banc de tourbes en pointes, et la qualité de la tourbe à chaque profondeur.

Toutes les tourbes sont assez tendres pour pouvoir se couper à l'aide d'un instrument tranchant, une bêche, par exemple. On peut la couper à pic, sur une assez grande hauteur, sans crainte d'éboulements, pourvu que l'on évite de charger le sol sur le bord des entailles, en y déposant les terres de recouvrement que l'on a enlevées pour découvrir le banc tourbeux.

L'exploitation de la tourbe s'opère de deux manières essentiellement différentes, selon qu'il est possible ou non d'assécher le banc tourbeux.

Nous supposerons d'abord que l'on puisse assécher le sous-sol sur lequel repose le banc de tourbe, au moyen d'une rigole d'écoulement convenablement disposée. On exploitera le banc au moyen de tranchées ou fossés longitudinaux, de 3 à 4 mètres de large, ouverts à partir du bas de la vallée, en enlevant la tourbe en remontant; les premières entailles faites au bas de la vallée serviront au besoin de puisards pour recevoir les eaux des entailles supérieures. Ces entailles successives sont parallèles entre elles et placées immédiatement à côté les unes des autres, ou au moins le plus près possible.

Après avoir enlevé les terres de recouvrement, on exploite la tourbe à l'aide d'un *louchet*, sorte de bêche dont le fer a $0^m,32$ de long sur $0^m,08$ de large, et est armé à sa partie inférieure d'un aileron formant avec lui un angle légèrement obtus et ayant également la même largeur, $0^m,08$. Le louchet coupe donc sur deux faces, de sorte que les pointes de tourbe se trouvant détachées sur leurs quatre faces verticales et leurs faces supérieures, se laissent facilement détacher de leur base. Quand on est pressé, on exploite le banc de tourbe, dans la même entaille, par banquette ou gradins, sur chacun desquels on place un ou deux *tireurs*. Le tireur peut jeter les pointes de tourbe à l'ouvrier chargé de les recevoir sur les bords de l'entaille, d'une profondeur d'au plus $3^m,50$; au-delà, on place un ouvrier intermédiaire qui reçoit les pointes des tireurs et les jette à la surface.

Les eaux doivent toujours être épuisées au niveau de la banquette la plus basse où se placent les ouvriers; quand la quantité en est notable, on emploie autant d'ouvriers que l'on peut, afin d'accélérer l'exploitation. Lorsque l'affluence des eaux est trop grande dans la profondeur, on achève quelquefois l'exploitation sous l'eau au moyen du *grand louchet*, qui diffère du louchet ordinaire en ce qu'il est muni de deux ailerons placés à angle droit avec le fer; au-dessus du fer et des ailerons se trouve un grillage en fer mince, formé par deux bandes verticales fixées aux ailerons, près de leurs extrémités, et par des doubles équerres horizontales qui se lient aux premières et au manche de l'instrument; le manche est très long et atteint souvent 7 et 8 mètres. On enlève à la fois avec le grand louchet un prisme de tourbe ayant trois à quatre hauteurs de pointe. L'extraction au grand louchet est à très peu près la moitié de ce qu'elle serait au louchet ordinaire si les eaux étaient épuisées.

On fait sécher les tourbes à l'air libre sur une aire sèche, plane, peu éloignée de l'entaille ; on estime que la surface de cette aire doit égaler à celle de l'entaille; multipliée par le nombre de pointes extraites sur une même verticale. Le retrait éprouvé par la dessiccation est moyennement tel, que le volume se réduit aux 3/5^e de ce qu'il était étant humide.

Le poids du mètre cube de tourbe sèche varie de 250 kil., pour la tourbe mousseuse, à 450 kil., pour les tourbes les plus noires et les plus compactes.

Lorsque l'affluence des eaux est plus considérable, l'extraction se fait sous l'eau au moyen d'une *drague*; cette drague est tout à fait semblable à celle employée pour le curage des rivières, lorsque la tourbe est tout à fait molle; lorsqu'elle offre plus de consistance, on se sert d'une *drague à filet*, qui consiste en un anneau circulaire ou elliptique en tôle, à bord tranchant, fixé à l'extrémité d'un manche en bois plus ou moins long, et au contour duquel est suspendu un filet à mailles plus ou moins serrées, suivant la nature de la tourbe.

Lorsque les fosses ont une faible largeur, le tireur à la drague se tient sur un madrier placé en travers de la fosse; dans le cas contraire, il est placé dans un batelet qu'il remplit de la tourbe extraite.

Tantôt on se contente de mouler la tourbe extraite à la drague dans des moules analogues à ceux qui servent à la confection des briques, tantôt on ajoute à la tourbe une quantité d'eau suffisante pour qu'elle puisse se réduire en pâte tout à fait molle, puis on la démêle avec les mains, un râteau ou tout autre instrument approprié, pour en extraire les débris végétaux non décomposés. On jette ensuite cette sorte de bouillie dans un encaissement rectangulaire formé, sur le pré d'étente, dans une partie bien horizontale, avec des planches maintenues par des piquets. On tasse et égalise la tourbe au moyen de larges pelles; au bout de quelques jours, quand la tourbe a éprouvé un commencement de dessiccation, on la comprime en marchant dessus, après s'être adapté aux pieds des planches, de $0^m,13$ à $0^m,20$ de large sur $0^m,35$ à $0^m,40$ de long: on continue de temps en temps ce piétinement, jusqu'à ce que l'épaisseur de la couche de tourbe soit réduite au 2/3 environ de sa valeur primitive. On trace alors à sa surface deux systèmes de lignes rectangulaires équidistantes; et dont l'espacement varie avec les dimensions que l'on veut donner aux pointes de tourbe, puis, en suivant les lignes ci-dessus, on divise la tourbe à la bêche; par la dessiccation subséquente, les pointes de tourbe éprouvent un retrait qui achève de les séparer, et acquièrent une consistance suffisante pour que l'on puisse les empiler, et achever en cet état leur dessiccation. Les tourbes préparées par ce dernier procédé sont plus pures, plus compactes et plus homogènes, mais aussi elles exigent un peu plus de main-d'œuvre.

L'exploitation des tourbières mal dirigée, non seulement donne lieu à une grande perte en combustible, mais encore elle les change en marais infects très insalubres. Aussi doit-on les aménager avec le plus grand soin et remblayer, lorsque cela est possible, les entailles tourbeuses, après leur épuisement complet, par des moyens analogues à ceux que l'on emploie pour épurer les eaux des bocards et patouillets de mines, en disposant ces entailles de manière à servir de bassins de dépôts.

Du reste, l'importance de cette matière comme question de salubrité publique a fait attribuer aux ingénieurs des mines, par la loi des 21 avril et 18 novembre 1810, la mission de surveiller et de diriger tous les travaux concernant l'extraction des tourbes et atterrissement des entailles tourbées.

Dans les pays où elle est abondante, la tourbe sert au chauffage domestique et à celui des chaudières à vapeur et autres; son pouvoir calorifique est égal ou même un peu supérieur à celui du bois ; elle a l'inconvénient de donner une fumée épaisse d'une odeur excessivement désagréable. Les tourbes des vallées laissent ordinairement une très forte proportion (6 à 20 p. 100) de cendres, que l'on emploie avec succès pour l'amendement des terres. Les tourbes des pays de montagnes sont beaucoup plus pures, et sont par suite quelquefois utilisées, soit crues, soit carbonisées, dans les opérations métallurgiques qui exigent une température élevée. P. D.

TOURILLON. Voyez MACHINE A VAPEUR et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

Digitized by Google

TOURNE-A-GAUCHE. Voyez CLEF et SONDAGE.

TOURNESOL (*angl.* turnsole, *all.* tournesol). On trouve dans le commerce cette matière tinctoriale sous deux formes différentes qui portent le nom de tournesol en pains et tournesol en drapeaux.

Le *tournesol en pains* se prépare avec les lichens qui fournissent l'ORSEILLE : après les avoir séchés et pulvérisés, on les met dans des baquets avec 50 p. 100 de leur poids de potasse du commerce ou de cendres gravelées, et assez d'urine pour en former une pâte molle; bientôt la masse entre en fermentation; on ajoute de l'urine au fur et à mesure que ce liquide est absorbé ou s'évapore, jusqu'à ce que la pâte, qui prend d'abord une couleur pourpre, soit devenue d'un bleu foncé; on ajoute alors de la craie en poudre, jusqu'à consistance plastique, et on moule le mélange en petits pains parallélipipédiques que l'on fait sécher à l'ombre. Le tournesol en pains ainsi obtenu est une sorte de laque à base de carbonate de chaux qui fixe la couleur virée au bleu par la réaction alcaline de la potasse et de l'ammoniaque. Il donne dans l'eau une dissolution bleue et qui passe au rouge par l'action des acides. Le papier trempé dans ces dissolutions bleues et rouges, et séché, est fréquemment employé comme réactif dans les laboratoires pour reconnaître la présence à l'état de liberté, le premier, des acides qui le rougissent, le second, des alcalis qui le ramènent au bleu.

Le *tournesol en drapeaux* est formé de chiffons teints en bleu violet par le suc de la *maurelle* (croton tinctorium), plante qui croît dans le midi de l'Europe. On écrase sous le pilon les sommités de cette plante; on en extrait le suc sous une presse, et on y trempe des chiffons qu'on expose ensuite dans des caves où l'on a délayé de la chaux dans de l'urine putréfiée. La couleur fixée sur ces chiffons est ensuite enlevée et sert principalement à teindre en bleu les papiers qui servent d'enveloppe aux pains de sucre et à colorer l'extérieur des fromages de Hollande.

TOURTEAUX. Voyez HUILE.

TOUTENAG. Voyez NICKEL.

TRAVAIL DYNAMIQUE. Voyez MÉCANIQUE DYNAMIQUE.

TRAVAIL UTILE. Nous croyons qu'il n'est pas sans intérêt de rapporter ici quelques résultats d'observations sur l'effet utile des moteurs animés, des appareils d'épuisement des eaux et sur la quantité de travail utile qui doit être transmise par les moteurs aux principales machines employées dans l'industrie. Nous avons réuni ces résultats dans les tableaux suivants :

I. EFFET UTILE DES MOTEURS ANIMÉS.

	Effet utile journalier, en kilogrammètres.
Un homme élevant des poids (65^k à la fois) avec une corde et une poulie et faisant redescendre la corde à vide — en 8 heures de travail.	280.000
Un homme élevant des terres à la pelle (2^k,7 à la fois) à la hauteur moyenne de 1^m,60 — en 10 heures de travail.	38.000
Un homme portant sur son dos, au haut d'une rampe douce ou d'un escalier, un poids de 65^k et revenant à vide — en 6 heures de travail.	56.000
Un homme élevant un poids de 60^k dans une brouette, en montant une rampe à 1/12 et revenant à vide — en 10 heures de travail.	43.000
Un homme agissant sur une roue à chevilles — en 8 heures de travail.	250.000
Un homme agissant sur une manivelle — en 8 heures de travail.	170.000
Un homme transportant 65^k à dos sur un chemin horizontal et revenant à vide — en 6 heures de travail.	700.000
Un homme transportant 60^k à la fois dans une brouette et revenant à vide — en 10 heures de travail.	1.000.000
Un homme transportant 100^k à la fois dans une petite charrette ou camion à deux roues et revenant à vide — en 10 heures de travail.	1.800.000
Un cheval chargé sur le dos de 120^k et allant au pas — en 10 heures de travail.	4.750.000
Un cheval traînant une charrette avec 700^k et revenant à vide — en 10 heures de travail.	15.000.000

Moteurs animés appliqués à l'épuisement des eaux.

Baquetage à bras. — Un homme en 8 heures.	46.000
Seaux à bascule. — Un homme en 8 heures.	60.000
Puits ordinaire avec corde et poulie. — Un homme en 8 heures.	75.000
Puits très profond avec treuil à volant et à manivelle. — Un homme en 8 heures.	170.000
Manège des maraîchers. — Un homme en 8 heures de travail.	200.000
Chapelet incliné. — Un homme en 8 heures de travail.	68.000
Chapelet vertical. — Un homme en 8 heures de travail.	115.000
Vis d'Archimède. — Un homme en 8 heures de travail.	100.000

II. FORCE DU MOTEUR DANS DIVERSES INDUSTRIES.

	Force du moteur en chev. de 75 k. m.
Mouture des farines. Par 100^k de blé moulu à l'heure, correspondant à une paire de meules, avec les accessoires, blutterie, etc.	4 à 5
Scieries mécaniques.	
Scies rectilignes. Par mètre carré de bois de chêne et à l'heure.	0,50
Scies rectilignes. Par mètre carré de bois tendre, à l'heure.	0,33
Scies circulaires. Par mètre carré de bois de chêne, à l'heure.	0,25
Scies circulaires. Par mètre carré de bois tendre, à l'heure.	0,20
Scies à placage. Par mètre carré de surface sciée à l'heure.	0,15
Machine à laîner les draps. Par machine.	2,50
Filature de laine. Par 100 broches avec les cardes.	2,00
Filature de coton. Par 100 broches de coton, n° 30 à 40, avec les accessoires.	0,45
Tissage mécanique du coton. Par métier, avec ses accessoires.	0,10 à 0,12
Papeterie à pilons. Par 100^k de pâte produite à l'heure.	20
Papeterie à cylindres. Par 100^k de pâte produite et raffinée à l'heure.	25
Meules verticales à broyer le ciment. Par 100^k de ciment broyé à l'heure.	0,80
Par *alésoir* ou *forerie*	2 à 3
Une *roue à laver* (Washwheel).	4,60
Huilerie. Par 100^k de grain broyé à l'heure.	4,80
Machine soufflante d'un haut fourneau au charbon de bois.	8 à 15
— — d'un haut fourneau au coke.	30 à 40
— — d'un feu d'affinerie.	2,50 à 3,00
— — d'un feu de maréchal.	1 à 1,25
Marteau frontal.	30 à 35

Digitized by Google

Marteau de feu d'affinerie.	10 à 12
Martinet de forge.	6 à 7
Un *train de laminoirs* comprenant une paire de cylindres ébaucheurs et une paire de cylindres finisseurs. . . .	35 à 40

TRÉFILERIE. Voyez FER.

TREMPE. La trempe est l'opération qui consiste à donner de la dureté à l'acier, en le chauffant au rouge et le refroidissant rapidement par son immersion dans un liquide froid, généralement dans l'eau, quelquefois dans l'huile, pour donner une trempe plus douce, rarement dans le mercure, qui donne la trempe la plus dure.

La découverte de la propriété que possède l'acier d'acquérir ainsi une extrême dureté, est peut-être la plus importante de celles qu'utilise l'industrie, puisque c'est sur elle que repose la fabrication de presque tous les outils destinés à donner à tous les corps une forme voulue. Au moyen de la trempe l'acier devient dur, brillant, susceptible de prendre le plus beau poli; par le recuit, c'est-à-dire en réchauffant l'acier à une température bien inférieure à celle de la trempe et le laissant refroidir doucement, on en diminue la dureté en augmentant l'élasticité.

Il est assez difficile de bien préciser en quoi consiste la merveilleuse propriété de l'acier de se durcir par la trempe. On admettait généralement autrefois l'explication, toute mécanique, suivante :

L'acier porté au rouge étant plongé brusquement dans l'eau froide, sa surface qui éprouve un refroidissement subit, se resserrant avant que les parties intérieures aient pu se refroidir, se moule sur elles. Celles-ci se refroidissant plus tard ne peuvent plus se contracter librement, à cause de leur adhérence à la croûte déjà résistante. Elles conservent donc un état de dilatation extraordinaire quand le refroidissement de la barre est complet. C'est à ce mode particulier d'agrégation, consistant en une enveloppe tiraillée en tous sens par des fibres moléculaires, soumises elles-mêmes à une tension très grande, que l'on attribuait les effets de la trempe, mode d'agrégation bien sensible dans les larmes bataviques; quand un phénomène curieux, dû aux observations de M. d'Arcet, la trempe du bronze, vint prouver que, dans ce cas, la trempe rendait le métal moins dur, fait tout à fait inexplicable dans la théorie ci-dessus, ou plutôt auquel en réalité celle-ci paraît se prêter beaucoup mieux qu'à rendre compte des premiers phénomènes; car puis que la trempe fait subsister le corps dans un état de dilatation, de densité moindre, la dureté devrait en être diminuée.

Il est une circonstance du phénomène qui était négligée dans cette explication, c'est le changement de volume du corps au moment de la solidification. Ainsi, considérons la fonte, qui doit se comporter comme l'acier, mais avec des effets plus sensibles; il est bien certain que quand on la coule pour un moulage, au lieu d'éprouver seulement un retrait en revenant à la température ordinaire, comme cela arrive pour le bronze, en se solidifiant elle augmente de volume d'une quantité très notable. Quand on la trempe, le gonflement ne pouvant se produire par suite de la solidification de la surface extérieure, elle est beaucoup plus dense que celle refroidie lentement et par suite plus dure. C'est ce que prouvent toutes les tables de densités, où les fontes blanches produites par un refroidissement rapide sont toujours portées comme plus denses que les fontes grises. On sait que ces dernières sont seules employées pour couler les pièces qui doivent être limées et sont seules assez douces pour cet usage.

Ce que nous avons dit pour la fonte est également vrai pour l'acier ramené à l'état de ramollissement nécessaire pour la trempe, et l'on comprend alors assez bien la marche du phénomène. Remarquons que cette différence de densité, bien que paraissant peu considérable en elle-même, correspond en réalité à un écartement différent des molécules d'un même corps, et que les actions moléculaires varient très rapidement pour de très minimes variations de distances. Ce qui explique des changements de dureté considérables.

Les expériences de Karsten confirment cette manière de voir et la complètent. Le gonflement produit pendant la solidification lente de la fonte, se trouve dû à un mouvement interne de cristallisation, et des analyses faites par le savant que nous venons de citer, qui permettent de juger de l'état de combinaison du carbone, lui ont fait établir : que la fonte trempée conserve la nature qu'elle possédait à l'état liquide, tandis que dans la fonte refroidie lentement il s'établit un nouveau mode de combinaison des éléments. Suivant ce savant, la fonte blanche et l'acier trempé contiennent du carbone et du fer combinés d'une manière uniforme; la fonte blanche, adoucie par le grillage, et l'acier non trempé, renferment un carbure de fer riche en carbone, disséminé dans une grande quantité de fer acéreux moins riche en carbone. Ce partage correspondant à des variations de densité, rend bien compte de l'extrême difficulté qu'on rencontre dans les arts à tremper des pièces d'acier de fortes dimensions. Le centre de la pièce ne pouvant que se refroidir lentement, exerce une réaction qui détermine souvent la rupture.

Ces résultats d'expériences nous paraissent lier très nettement les effets de la trempe avec ceux de la variation du volume au moment de la solidification lente, variation qui correspond généralement à une augmentation de volume quand le corps tend à passer à l'état cristallin, dont il faut aussi tenir compte, dans certains cas, pour ce qui est de la dureté.

Tous les phénomènes relatifs à la trempe des divers corps tant métalliques que non-métalliques peuvent être classés dans une des quatre séries suivantes, pour lesquels nous prenons des exemples dans les corps qui donnent lieu aux phénomènes les plus remarquables :

TREMPE des Corps conducteurs du calorique.	Non cristallisables. — Ex. : bronze (1). . .	Trempe amollissante.	Diminution de densité.
	Cristallisables. — Ex. : acier (2).	Trempe durcissante.	Augmentation de densité.
des Corps non conducteurs du calorique.	Durs. — Ex. : verre (3).	Trempe durcissante.	Diminution de densité.
	Mous. — Ex. : soufre (4).	Trempe amollissante.	Augmentation de densité.

Corps conducteurs. (1) Le bronze, le cuivre rouge, etc., saisis par la trempe dans un grand état de dilatation, conservent en partie, comme nous l'avons dit, cet état de dilatation, par l'effet du refroidissement rapide de la surface; d'où amollissement du corps et diminution de densité.

(2) La fonte, l'acier, refroidis brusquement, ne peuvent cristalliser et se gonfler comme il arrive avec un refroidissement lent; d'où mélange plus intime des molécules hétérogènes, augmentation de densité, par comparaison au corps refroidi lentement, et augmentation de dureté.

Corps non conducteurs. Il se passe pour ces corps un phénomène particulier; la surface refroidie brusquement laissant passer difficilement le calorique renfermé à l'intérieur, il en résulte un état particulier d'équilibre

Digitized by Google

des molécules soumises à des forces répulsives résultant du calorique emprisonné, qui de sensible devient latent.

(3) La surface du verre liquide étant solidifiée instantanément, reste, à cause de sa dureté, d'un volume correspondant à celui qu'occupe le verre à l'état de fusion. Les molécules de l'intérieur soudées sur celles de la surface restent dans un état de dilatation, de répulsion telle, que, comme on le voit dans l'expérience des larmes bataviques, il suffit d'attaquer un point de la surface pour que le tout éclate et tombe en poussière.

On sait que dans les verreries on a soin de recuire le verre pour éviter de semblables effets. Ce recuit augmente la densité de 0,0045, d'après M. Wertheim. Celle-ci était donc diminuée par l'effet de la trempe à l'air produite pendant le travail.

(4) La surface du soufre, versé liquide dans l'eau, refroidie brusquement, emprisonne une partie du calorique, qui faisant équilibre aux forces attractives des molécules, donne naissance à ce qu'on appelle le soufre mou, qui est un état intermédiaire entre l'état liquide et l'état solide. Dans cet état, les molécules se trouvent plus rapprochées que quand elles se disposent par leurs pôles, et Berzélius a reconnu une augmentation notable de densité. La surface n'est plus, comme dans le cas du verre, un obstacle à l'augmentation de la densité, car au contraire elle se moule sur l'intérieur du corps en se contractant, comme le prouvent les rides qui s'y produisent. On sait qu'à mesure que la chaleur latente se dégage le soufre reprend son état primitif, les molécules pouvant se rapprocher, effet produit après quelques jours à la température ordinaire.

Les divers phénomènes de la trempe des corps nous paraissent avoir ainsi une explication assez satisfaisante. Revenons maintenant à la trempe de l'acier, la seule qui ait des applications très importantes.

Le recuit, qui suit presque toujours la trempe dans la pratique des arts, et qui a surtout pour but de donner de l'élasticité à l'acier et de l'empêcher de s'égrener, paraît resouder en quelque sorte les molécules, sans faire varier la dureté résultant d'un changement de température bien supérieur à celui du recuit.

La trempe est une des opérations les plus difficiles qui se rencontrent dans la pratique des arts, une de celles dans lesquelles on trouve le moins d'ouvriers y excellant par un talent particulier. Le point le plus convenable dans le chauffage de l'acier, la manière de présenter la pièce et de la plonger suivant sa forme, pour éviter qu'elle ne se voile ou ne se gerce, sont autant de difficultés qui exigent chez le trempeur une grande expérience.

Il y a grand avantage à ne pas trop chauffer l'acier, c'est-à-dire à atteindre seulement le point pour lequel se produit une trempe très dure, ce qui correspond pour l'acier ordinaire au rouge cerise. L'acier se tourmente moins et la trempe est meilleure que si on avait chauffé davantage. Le degré de la meilleure trempe correspond précisément à un point un peu supérieur à celui auquel la trempe n'a pas lieu. A ce dernier point, la trempe ne sert, au contraire, qu'à recuire l'acier et à le rendre extrêmement doux.

Pour obtenir un point fixe on avait proposé de chauffer l'acier au moyen de bains métalliques composés de proportions variables de plomb et d'étain, de manière à obtenir par le fait de leur fusion une température parfaitement fixe tant pour la trempe que pour le revient. Mais la complication de cette disposition, et surtout la variation perpétuelle de la qualité des aciers, leur altération lors du travail préparatoire des objets, ont empêché cette méthode d'être généralement adoptée. Nous citerons cependant le célèbre graveur en médailles, M. Galle, qui trouvait grand avantage à chauffer ses coins dans un bain de plomb, dont la couleur était rendue bien sensible en opérant dans l'obscurité. Le chauffage, certainement plus régulier qu'à un feu de forge, ne pouvait que donner des résultats plus avantageux.

Passons en revue maintenant, d'après un auteur anglais, M. Holtzapffel, les circonstances de la trempe des principaux outils.

Les forets les plus délicats des horlogers sont chauffés dans la portion bleue de la flamme d'une chandelle; ceux plus forts dans la flamme d'un chalumeau projetée très obliquement sur eux et un peu au-dessous de leur pointe quand ils sont extrêmement minces; on peut les agiter dans l'air pour les faire refroidir, mais plus généralement on les pique dans le suif de la chandelle même, ou bien on les plonge dans l'huile de la lampe. On les recuit soit par leur propre chaleur, soit en les plongeant dans la flamme au-dessous de la pointe de la mèche.

Pour les outils qui tiennent le milieu entre ceux qu'on soumet à l'action du chalumeau et ceux qu'on expose à un feu nu, il y en a beaucoup qui exigent le tube de fer ou le bain de plomb et de charbon, mais le plus grand nombre d'outils sont trempés à la forge du serrurier ordinaire sans avoir besoin de ces moyens de protection.

Les outils de dimension modérée, tels que la plupart de ceux dont on fait usage dans l'art du tour, ainsi que les ciseaux et les gouges dont les charpentiers font usage, etc., sont généralement chauffés à feu nu; mais il faut avoir l'attention de les promener en longueur continuellement dans le feu, afin d'égaliser la température qu'on leur applique, puis de les plonger verticalement dans l'eau et de les y agiter horizontalement pour les exposer aux portions les plus froides du liquide. Si on le juge nécessaire, on ne les plonge que jusqu'à une certaine profondeur, le reste de l'outil reste doux.

Les rasoirs, les canifs sont chauffés dans un feu de coke ou de charbon et plongés obliquement dans l'eau. Pour recuire les rasoirs, on les pose par le dos sur un feu clair au nombre d'une demi-douzaine environ, et on les enlève un à un, lorsque le tranchant, encore mousse, a pris une couleur jaune paille clair; si le dos a été chauffé au-delà du jaune paille, les lames sont refroidies dans l'eau. Les lames de canif sont recuites par une ou deux douzaines à la fois sur une plaque de fer ou de cuivre d'environ $0^m.30$ de longueur, $0^m,10$ de largeur, et épaisse de $0^m,006$. Les lames sont toutes rangées sur le dos les unes à côté des autres et s'appuient ainsi obliquement l'une sur l'autre. A mesure qu'elles atteignent le recuit, on les saisit et on les enlève avec une petite pince, et on les jette dans l'eau si cela est nécessaire, et d'autres sont ramenées des points les plus froids de la plaque pour prendre leur place.

Les haches, les cognées, les ciseaux à froid, et une foule d'autres outils semblables dont la masse totale en métal est considérable comparativement à celle qui doit être trempée, ne sont plongés qu'en partie et recuits tout simplement par la chaleur qui reste encore à la masse de l'outil; seulement quand on a atteint la couleur qui indique que le recuit est opéré, on les immerge entièrement.

Si on voulait tremper des enclumes, de grosses étampes ou autres pièces d'un volume considérable par immersion directe, la formation rapide de la vapeur sur les côtés du métal s'opposerait au libre accès de l'eau pour enlever la chaleur avec une célérité suffisante. Dans ce cas, on fait tomber d'un réservoir supérieur ou l'on projette avec une pompe une colonne volumineuse d'eau sur la surface de l'objet qu'il s'agit de tremper.

On fait souvent usage d'huile et de différents mélanges d'huiles, de suif, de cire, de résine, etc., pour tremper un grand nombre d'objets minces et élastiques, tels que des aiguilles, des hameçons, des plumes en acier, des ressorts, etc., qui exigent une trempe plus douce et plus souple que n'en donne l'eau.

Digitized by Google

Par exemple, les plumes en acier sont chauffées en grand nombre dans une capsule qu'on place dans un fourneau; quand elles ont atteint la température requise, on les trempe dans un mélange huileux; généralement, on les recuit également dans l'huile ou dans une composition dont le point d'ébullition est le même que la température convenable à ce recuit. Ce mode est extrêmement expéditif, et le recuit ne peut tomber au-dessous du degré voulu. On se sert aussi de la chaleur sèche d'un four, et ces deux moyens peuvent être employés pour avoir un recuit plus fort que celui donné par l'huile bouillante: mais, dans ce cas, il faut apporter plus de soin et d'attention pour ces basses températures.

Les scies et les ressorts sont généralement trempés de la même manière et paraissent perdre de leur élasticité après la trempe et le recuit, par la réduction et le frottement qu'ils éprouvent dans l'écurage, le polissage, etc. Vers la fin des travaux de fabrication, on leur rend de l'élasticité, principalement par le martelage, et en les chauffant sur un feu clair jusqu'au jaune paille; la couleur s'enlève au moyen de l'acide hydrochlorique très étendu, après quoi les scies sont bien lavées à l'eau pure et séchées.

Les ressorts de montre se fabriquent au marteau avec du fil d'acier de diamètre convenable jusqu'à ce qu'ils aient atteint dans une jauge la largeur convenable; l'instrument indique aussi s'ils ont acquis ainsi une égalité parfaite d'épaisseur dans toute leur longueur. On perce des trous à leurs extrémités et on les dresse sur les bords avec une lime douce, on les lie ensuite avec un fil métallique qu'on tourne mollement autour et on les chauffe sur un feu de braise, sur une plaque de métal, on les trempe dans l'huile et on les soumet au flambage.

Le ressort est alors étendu sur un cadre oblong en métal semblable à celui qu'on emploie pour les scies, puis écuré et poli avec de l'émeri et de l'huile entre des blocs de plomb. Dans ce moment son élasticité paraît complétement perdue et on peut le courber suivant toutes les directions; toutefois on lui rend complétement cette élasticité par un forgeage ultérieur sur une enclume très polie.

La couleur se donne sur une plaque de fer, sous laquelle on fait brûler une petite lampe à esprit de vin. Le ressort est continuellement promené sur une longueur de 7 à 8 centimètres à la fois jusqu'à ce qu'il prenne une teinte orange ou bleu foncé dans toute son étendue suivant le goût des consommateurs. Beaucoup d'entre ceux-ci considèrent en effet la couleur comme un objet d'ornement et non pas comme étant essentielle.

Le dernier travail que subit le ressort est de le rouler en spirale, afin qu'il puisse entrer dans le barillet qui doit le contenir; c'est ce qu'on fait au moyen d'un outil qui consiste principalement en un arbre de petit diamètre et une petite manivelle, mais sans employer le secours de la chaleur.

Les ressorts de balancier des chronomètres pour la marine, qui ont une forme héliçoïde, sont roulés sur le filet carré d'une vis ayant son diamètre proportionné à leur épaisseur. Les deux extrémités du ressort sont retenues par des vis latérales, et le tout est soigneusement enveloppé dans une feuille de platine qu'on serre fortement sur le ressort avec un fil métallique. La masse est ensuite chauffée dans un morceau de canon de fusil fermé par un bout et plongée dans l'huile qui trempe le ressort presque sans le décolorer, à cause de l'exclusion de l'air par l'enveloppe en platine qu'on retire alors. Le ressort est ensuite ramené au bleu avant de l'enlever de dessus la vis où il est enroulé.

Le ressort de balancier des montres ordinaires est souvent laissé à l'état doux; ceux des montres de prix sont trempés en les roulant sur un cylindre, puis tournés en spirale en les faisant passer entre une lame mousse et le pouce, comme quand on veut faire friser une petite bande de papier.

Pour tremper les ressorts de voiture, on les fait chauffer en les promenant suivant leur longueur dans un feu de forge ordinaire monté en voûte et on les plonge dans un bain d'eau froide. Pour les recuire on les chauffe au rouge très sombre et visible seulement pendant la nuit; le jour on reconnaît cette température au moyen d'un copeau de bois qu'on appuie sur le ressort et qui doit alors scintiller, puis on laisse refroidir dans l'air. Le métal a $1^{mm},143$ d'épaisseur, et on considère 15 à 16 millimètres comme la limite à laquelle l'acier peut encore se tremper convenablement pour faire un ressort.

Un résultat curieux paraît avoir été obtenu dans ces derniers temps par M. Griset, fabricant de plaqué à Paris, pour la trempe des grosses pieces, qui rend très rare la rupture des pièces provenant du mouvement moléculaire de l'acier trempé.

Ce procédé consiste à tasser, ou plutôt à écrouir, à l'aide d'une forte compression dans tous les sens, les pieces qui doivent être soumises à la trempe.

Ce tassement ou écrouissage peut être obtenu, suivant la nature des pièces, par un choc souvent répété, au moyen d'un marteau ou d'un martinet, ou bien par une pression opérée, soit à l'aide d'une presse quelconque, soit par l'action du laminage.

Ce procédé de préparation de l'acier avant de le soumettre à la trempe est applicable à plusieurs industries; un de ses plus utiles emplois consiste dans la fabrication des cylindres d'acier pour le laminage des métaux. Dans ce cas, c'est par le laminage qu'on écrouit les cylindres pour les tremper d'une manière plus sûre. On en place deux à cet effet dans une cage de laminoir, et une machine à vapeur ou autre moteur leur imprime un mouvement rapide de rotation; on fait passer entre eux des bandes d'acier ou autres corps durs, de manière à faire des raies très rapprochées sur leur circonférence. Lorsqu'ils ont été soumis pendant quelque temps à ce travail, on les trempe après avoir régularisé leur surface.

Nous terminerons en faisant remarquer que le revient, le réchauffage de l'acier trempé, le fait passer successivement par les couleurs jaune-paille, jaune d'or, rouge, gorge de pigeon, violet foncé, violet bleu, bleu foncé, bleu clair, gris. Suivant la qualité de l'acier, suivant l'élasticité nécessaire, on arrête, en plongeant dans l'eau, à la couleur reconnue par expérience la meilleure. C'est le bleu qui correspond au maximum d'élasticité.

Trempe au paquet. On voit souvent les trempeurs entourer leurs pieces, avant de les mettre au feu, d'enduits de diverses sortes. Lorsque ces enduits sont terreux ils n'ont pour but que de préserver la surface de l'oxydation; mais souvent ces enduits sont composés de suie, d'huile, de corne, etc., toutes matières destinées à fournir du carbone et à produire à la surface une véritable cémentation, qui aciere la surface de la pièce qui n'est souvent que du fer, ce qui permet, comme dans l'armurerie, de lui donner un superbe poli. Les recettes transmises dans les ateliers peuvent être généralement remplacées par un procédé plus récent, dont les résultats sont certains et qui paraît satisfaire à toutes les conditions. Nous voulons parler de l'emploi du prussiate de potasse. La pièce saupoudrée de ce sel réduit en poudre étant mise au feu, celui-ci fond, se charbonne, et sous l'influence de la potasse, la cémentation s'accomplit avec une rapidité merveilleuse, et le morceau de fer ainsi couvert et trempé se trouve enveloppé d'une surface d'acier d'une dureté extrême, susceptible du plus beau poli. C. L.

Digitized by Google

TRÉPAN. Voyez SONDAGE.

TREUIL. Le treuil est une des machines simples les plus usitées pour l'élévation des fardeaux, etc. C'est un levier qui agit d'une manière continue dans le même plan en tournant autour d'une ligne fixe qui forme l'axe du treuil et qui peut occuper une position quelconque. Voyez CABESTAN et MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

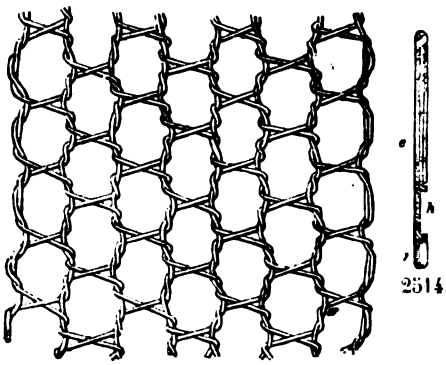
TRIPOLI. Matière employée pour polir. C'est un tuf siliceux composé de silice presque chimiquement pure. M. Ehrenberg a reconnu que les tripolis étaient formés de carapaces d'infusoires, ce qui ne laisse aucun doute sur leur formation aqueuse.

TROMPE. Voyez MACHINE SOUFFLANTE.

TRUSQUIN. Outil qui sert aux menuisiers à tracer des parallèles au bord d'une planche et qui se compose d'une planchette que traverse à frottement une tige carrée portant latéralement une pointe. Pour s'en servir on enfonce plus ou moins la tige, puis on fait glisser la planchette le long du bord.

TUILE. Voyez BRIQUE et POTERIE.

TULLE (*angl.* lace, *all.* tüll). Le tulle est une espèce de grillage exécuté avec des fils de coton. Les fils qui le forment sont enlacés les uns dans les autres, de manière à former une série d'hexagones réguliers disposés les uns à côté des autres. La fig. 2510 représente une surface de tulle grossie suffisamment pour



2510.

qu'on voie clairement le croisement des fils. On voit que l'étoffe est formée de trois lignes de fils :

La première qui va de haut en bas en ligne brisée, de manière à suivre les contours des hexagones consécutifs.

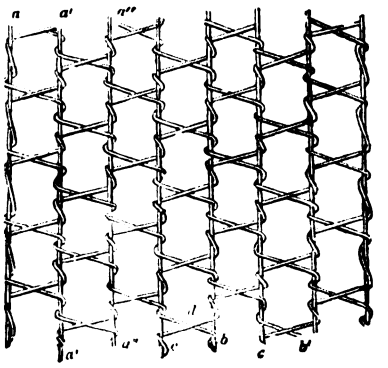
La seconde qui va vers la droite, et la troisième qui va vers la gauche en zigzag.

Ces deux dernières lignes de fils obliques tournent autour des fils verticaux qui forment la chaîne, et se croisent dans les intervalles des fils de chaîne. Les hexagones sont placés de telle manière que deux côtés opposés soient parallèles et verticaux, ce qui fait une pointe en haut et une pointe en bas, disposition qui correspond au maximum de résistance. Les fils de chaîne primitivement verticaux et tendus ne se courbent que par suite de la traction opérée sur eux à droite et à gauche par les fils de la trame.

La fig. 2511 représente le tulle tel qu'il est sur le métier.

Les fils de la chaîne vont dans la direction a, a, a', a'. Une moitié des fils de trame prend la direction b, b, b', b', et l'autre moitié se croche avec la première suivant les directions c, c, c', c'.

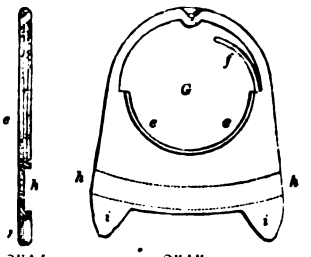
Chaque fil de trame se tourne autour de chaque fil de chaîne qu'il rencontre, jusqu'à ce qu'il arrive au dernier, au fil de la lisière, et alors se retourne deux fois pour reprendre sa course comme fil du système différent de celui dont il faisait primitivement partie.



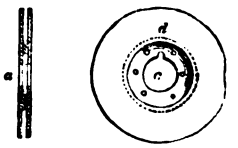
2511.

La complication des métiers à tulle ne nous permet pas d'en donner ici une explication complète; elle ne pourrait être comprise qu'en entrant dans des détails infinis. Nous nous contenterons d'indiquer les principes.

2510.



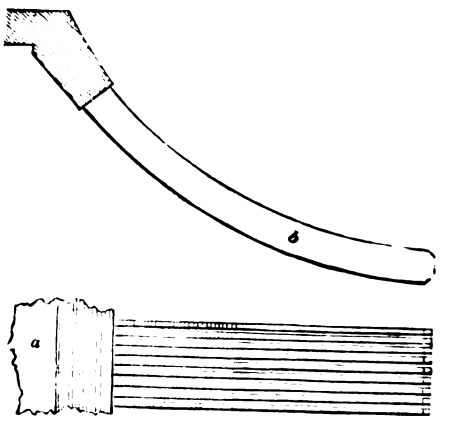
2514. 2515.



2512. 2513.

Les fig. 2512 et 2513 représentent la bobine plate dans la gorge de laquelle est enroulé le fil. Cette bobine se place dans la pièce fig. 2514 et 2515, qui, comme on le voit sur la figure, est évidée dans la partie inférieure.

2516.



2517.

Cette partie est ainsi disposée pour entrer dans les intervalles de la barre représentée fig. 2516 et 2517.

Si l'on se figure deux barres inclinées l'une vers l'autre

Digitized by Google

et distantes d'un très faible intervalle, entre lesquelles passe la chaîne tendue, on se représentera l'organe principal du métier à tulle.

Le nombre des bobines étant égal à celui des fils de la chaîne, il suffira de les faire passer d'une barre sur l'autre à l'aide de pousseurs doués d'un mouvement alternatif; puis de communiquer un mouvement relatif de la largeur d'une maille, qui ait lieu entre les bobines et la chaîne pour que la trame s'enroule autour de la chaîne. La chaîne s'avançant après chaque mouvement, les hexagones, dont est formé le tissu, prendront naissance.

TUNGSTÈNE. Métal rare, qui n'a reçu jusqu'ici aucune application dans les arts.

TUNNEL. *Circonstances qui nécessitent le percement d'un tunnel.* Les tunnels sont des ouvrages d'art qui ont pour but de faire franchir à un canal, à un chemin de fer ou à une route quelconque, un obstacle tel qu'une montagne, qui nécessiterait des travaux extérieurs plus dispendieux que des travaux souterrains. Ainsi, si l'on établissait un canal dans un pays très accidenté, il serait indispensable pour gravir les collines de construire une série d'écluses et de creuser des tranchées profondes, que l'on peut éviter au moyen d'un tunnel; s'il s'agissait d'un chemin de fer il faudrait avoir recours à un plan incliné, qui, indépendamment des dangers qu'il présente, ralentit singulièrement la marche des convois, et n'est guère convenable que dans le cas où l'on ne transporte que des marchandises. En général, lorsque dans les grands travaux de terrassement, la tranchée atteint la profondeur de 16 à 18 mètres, on préfère établir un tunnel, parce qu'alors les frais de maçonnerie ne sont plus qu'une dépense minime comparativement à celle d'une excavation à ciel ouvert, à laquelle on est contraint de donner une largeur considérable afin que les talus se maintiennent. On cite cependant plusieurs exceptions à cette règle : en Amérique, au canal qui sert à faire écouler les crues du lac de Mexico, les tranchées atteignent quelquefois 60^m de hauteur. Le canal de Nantes, à Brest, à Glomel, a $22^m,50$ de profondeur en tranchée; dans certains passages, au canal de Charleroi, les déblais ont 19^m; au canal d'Antoing ils vont jusqu'à 24^m. Ces exemples ne sont imitables que dans le cas où l'on trouve un terrain ayant de la consistance, dont les talus peuvent avoir une faible inclinaison. C'est le plus souvent la sagacité de l'ingénieur qui doit décider la question. Du reste, voici une formule due à M. Vallée, qui indique la profondeur à laquelle il y a égalité d'avantages à creuser une tranchée ou à percer un tunnel :

$$P\,m = p\,l\,m\,x + p\,x^2.$$

x est la profondeur, p le prix du mètre cube de déblai, l la largeur du chemin de fer ou du canal, $\frac{x}{m}$ la largeur d'un des talus de la tranchée, P le prix du mètre courant de souterrain; ce prix varie évidemment suivant les terrains que l'on rencontre; en général il est de 1500 à 2500 fr. par mètre.

Formes et dimensions. Les tunnels ont des formes et des dimensions différentes suivant leur destination. Lorsqu'ils doivent servir à la circulation des bateaux, on ne donne quelquefois que la largeur nécessaire à un passage; on établit alors, le long du pied-droit de la voûte, une barre de fer horizontale à l'aise de laquelle les mariniers halent leur bateau; mais les passages rétrécis présentent souvent des entraves à la navigation, aussi le plus ordinairement on donne une largeur, capable de contenir un fort bateau et un chemin de hâlage. Quant aux tunnels de chemins de fer, il en existe quelques-uns, entre autres, ceux de Saint-Etienne à Lyon, qui ne peuvent donner accès qu'à un seul convoi à la fois; ces dimensions restreintes sont trop dangereuses, et du reste gênent trop le service pour qu'elles soient admises malgré l'économie qu'elles présentent; aussi adopte-t-on la largeur nécessaire à la circulation de deux convois, ce qui exige $7^m,40$; encore serait-il bon de l'augmenter de $0^m,30$ pour éviter toutes chances d'accidents. La hauteur sous-clef est de $5^m,50$. La forme varie nécessairement suivant la nature des terres à traverser; si elles sont susceptibles de s'affaisser et d'exercer une pression verticale, la voûte supporte seule la poussée; il suffit de donner aux pieds-droits un léger fruit et à la voûte une épaisseur convenable qui varie de $0^m,68$ à $1^m,20$. Si, au contraire, le terrain est glaiseux ou susceptible dans les saisons humides de se détremper, se gonfler et d'exercer une pression latérale, il est indispensable d'adopter pour les pieds-droits une forme courbe qui se raccorde avec la voûte et ait la même épaisseur. Il est même parfois indispensable de les réunir par une voûte renversée ou *radier*, qui vient buter à la base de chacun d'eux, et empêche qu'une trop grande pression ne les fasse glisser sur le sol, en les appliquant l'un contre l'autre, comme cela est arrivé sur le chemin de Londres à Birmingham. En France, le plein cintre a la préférence parce qu'il offre plus de solidité; en Angleterre, c'est la forme elliptique.

Travaux préparatoires. Les tunnels, pour leur exécution, exigent des travaux preparatoires : ces travaux consistent en sondages, alignements, fonçements de puits et montages de machines, propres à l'extraction des déblais et à la descente des matériaux. Les sondages ont pour but de reconnaître le sol que l'on doit traverser, de voir s'il est solide ou ébouleux, à quelle profondeur se trouve la nappe d'eau souterraine; ce sont eux qui servent à régler l'épaisseur à donner à la voûte, la forme des pieds-droits; le mode de construction, en un mot à rédiger le projet. Ce projet une fois arrêté, on procède au tracé de la direction, elle a presque toujours lieu en ligne droite, non seulement à cause de la difficulté de construction d'une courbe tracée d'avance dans des terrains ébouleux, mais aussi à cause des dangers qu'elle présenterait dans l'exploitation d'un chemin de fer où il est nécessaire de voir loin devant soi. Voici de quelle manière on procède au tracé des alignements : sur le point le plus haut à traverser, on établit un observatoire assez élevé pour apercevoir, de part et d'autre de la montagne, deux mires solidement fixées dans l'axe, à chaque extrémité du tunnel. Il faut également que l'observateur puisse planer, tant sur les obstacles naturels qui pourraient obstruer sa vue, que sur les appareils et machines qui seront établis ultérieurement à l'embouchure des puits. Cet observatoire, construit en planches, est muni d'un télégraphe, afin de faire des signaux aux personnes chargées de poser les jalons. Au milieu se trouve un dé en maçonnerie, fortement assis sur le sol, de manière à ne pas éprouver de vibrations; sur ce dé on fixe exactement dans l'axe du tunnel un télescope muni de deux fils perpendiculaires l'un à l'autre; au moyen de cet instrument on place des jalons de distance en distance en les alignant de telle façon, qu'en les regardant tous de file, ils coïncident avec les mires précédemment fixées aux extrémités du tunnel; ces jalons indiquent l'axe de l'excavation et servent à établir l'emplacement des puits. Ce n'est que lorsque ceux-ci sont creusés, et par des procédés que nous indiquerons un peu plus tard, que la galerie d'écoulement est percée, que l'on reporte à l'intérieur l'alignement extérieur. Pour cela, on mène de l'observatoire un rayon visuel passant par la ligne des jalons; à l'embouchure de chaque puits on fixe une planche noire sur laquelle on trace, suivant l'indication du télégraphe, un trait blanc avec un fil à plomb; on a ainsi un point de l'axe du tunnel, de ce point on descend un poids suspendu par une ficelle que l'on fait arriver jusqu'au sommet de la galerie d'écoulement en ayant soin toute-

Digitized by Google

fois de le mettre à l'abri des oscillations causées par le vent. Cette opération est répétée pour chaque puits, de sorte que, en suspendant à chaque fil à plomb une chandelle, on a une ligne lumineuse qui indique l'axe du tunnel; cet axe est soigneusement tracé au moyen de repères, placés sur la paroi supérieure de la galerie et sert aux diverses opérations nécessaires pour fixer la direction et la largeur. Tels sont les moyens le plus généralement employés pour ces sortes de tracés. Souvent, lorsque la vue n'est pas gênée par les accidents du sol, on se dispense d'établir un observatoire et l'on se contente de simples mires alignées.

Fonçement des puits. Dans tous les cas, afin de reporter à l'intérieur le tracé exécuté à la surface, et d'ailleurs, pour enlever les déblais et activer le travail, il faut creuser des puits. Si cependant le souterrain doit avoir peu de longueur, 200 à 300 mètres par exemple, ils ne sont plus nécessaires; on attaque le massif par les deux extrémités et les deux ateliers s'avancent l'un vers l'autre. Quand, au contraire, le tunnel présente une certaine longueur, on espace les puits de 200^{m} en 200^{m}, à moins que quelque obstacle ne s'y oppose. On peut également les placer dans l'axe du tunnel ou sur les côtés à quelque distance des pieds-droits. La position dans l'axe, à l'aplomb de la clef, offre l'inconvénient de charger la voûte de tout le poids du revêtement du puits et de nécessiter beaucoup de précautions pour soutenir le boisage qui maintient les terres du puits lorsque l'on commence la grande excavation; mais elle a l'avantage de servir à la ventilation, non seulement pendant l'exécution des travaux, mais encore après leur achèvement. En effet, dans le cas d'un canal, il se dégage continuellement de la vapeur d'eau qui se cantonne au sommet de la voûte, et ne peut se dissiper si elle n'a pas d'issue. Dans le cas d'un chemin de fer, si par malheur un convoi, se trouvant arrêté par accident dans un tunnel, un dégagement abondant de vapeur venait à avoir lieu sans pouvoir s'échapper, il est à craindre que les voyageurs ne fussent asphyxiés. Or, les puits placés au sommet de la voûte pourraient produire un appel, et parer, il faut l'espérer, à un semblable malheur. Quant à leur position sur le côté, il est vrai qu'elle évite de surcharger la voûte, mais il est évident que l'effet de ces puits, comme ventilation, doit être presque nul puisqu'ils débouchent à la hauteur des pieds-droits; et que si l'on en conserve quelques-uns après l'exécution des travaux, c'est plutôt pour faciliter les réparations ultérieures, que pour produire appel.

Quoi qu'il en soit, le fonçement des puits s'effectue par les procédés suivants : Lorsque le travail a lieu dans des roches dures, on les attaque à la poudre, en faisant des havages ou cavités taillées au pic, sous le bloc que l'on veut détacher, et donnant ensuite des coups de mine qui produisent son abattage définitif. Si le sol, quoique dur, donne passage à quelque source, on ménage au fond du puits un puisard, dans lequel ces eaux se rendent et sont extraites, ainsi que les décombres, par des procédés dont il sera question plus loin. Si le terrain que l'on traverse renferme des bancs aquifères ou niveaux, on ne peut plus se contenter de faire des épuisements, parce que les sources étant très abondantes, ils seraient coûteux, et gêneraient les travailleurs; on a recours à un cuvelage. Le cuvelage consiste en un cadre porteur, composé de fortes poutres, placé dans un terrain solide non perméable, et serré contre les parois, au moyen de coins, afin que l'eau ne puisse passer entre deux; dessus on élève une série de cadres ou une maçonnerie de briques bien rejointoyées. Le cuvelage monte jusqu'au-dessus de la couche aquifère; quand il est terminé on continue de creuser au-dessous sans être gêné par les sources. Dans le cas où le terrain à traverser est ébouleux les procédés de fonçement sont différents. On fixe sur le sol un cadre dont les poutres sont engagées dans la paroi du puits; on enfonce des palplanches entre cette paroi et le cadre en leur donnant de l'inclinaison, puis on enlève la terre de l'intérieur du puits. La paroi étant ébouleuse exerce une pression sur les palplanches et les force à se rapprocher de la perpendiculaire; alors on pose un second cadre qui maintient l'extrémité des premières palplanches, et on en plante de nouvelles, en prenant les mêmes précautions jusqu'à ce que l'on arrive à la profondeur assignée. Lorsque le terrain à franchir est très coulant, on établit à l'orifice du puits un cadre-porteur en bois ou en fonte, et l'on construit dessus, jusqu'à une faible hauteur, une tour en briques; on excave au-dessous, et la tour descend d'elle-même par son propre poids. A mesure qu'elle s'enfonce, on élève la maçonnerie. Quand les couches, plus profondes, ne sont pas assez solides pour soutenir le poids du cadre et de la maçonnerie, on y remédie au moyen de tirants en fer qui sont attachés, d'une part, au cadre inférieur, et de l'autre, au cadre supérieur qui supporte alors tout le poids du revêtement du puits et doit, par conséquent, être convenablement fixé dans le sol. Les moyens de fonçement des puits que nous venons d'indiquer sommairement, sont également employés dans l'établissement des puits de MINES; aussi nous renvoyons à cet article (page 2653) pour plus de détails. Nous ferons seulement observer que les revêtements ne sont appliqués qu'aux puits qui doivent être conservés après l'achèvement du travail; car ceux qui servent seulement à faciliter le percement et le muraillement du tunnel sont simplement garnis de madriers et de planches pour préserver les ouvriers pendant le court espace de temps qu'ils s'en servent.

Machines d'extraction. Les machines servant à l'extraction des déblais, et aux épuisements, sont d'abord très simples, en raison de la faible quantité de terre et d'eau qu'elles ont à monter à la surface. Celles qui servent à enlever les déblais sont le plus souvent des cabestans. Ils sont formés d'une pièce horizontale sur laquelle s'enroule la corde à laquelle sont attachées les caisses dans lesquelles on monte les déblais; des chevalets qui supportent le treuil, quatre hommes suffisent pour le manœuvrer au moyen de bras placés à ses extrémités. La caisse qui contient les déblais pèse environ 225 kilogr. toute chargée; on lui donne une forme telle qu'elle puisse être placée sur un chemin de fer et déchargée facilement. Il est de la plus grande importance qu'elle ne puisse pas se détacher, car en tombant elle blesserait les ouvriers; pour éviter ces accidents on se sert de crochets munis de ressorts qui rendent tout glissement de l'anneau impossible. Les eaux sont enlevées au moyen de tonnes suspendues un peu au-dessous de leur centre de gravité, de façon qu'elles peuvent basculer facilement lorsqu'elles sont arrivées au jour, et pour empêcher qu'elles ne déversent pendant leur ascension, elles sont maintenues par un crochet que l'on enlève quand on veut les vider. Elles viennent se remplir dans le puisard que l'on a ménagé au fond de l'excavation. Dans le cas où l'eau arrive abondamment dans le puits, ce moyen d'épuisement est insuffisant; il faut avoir recours aux pompes qui sont employées dans les mines et dont il a été question à l'article MINES.

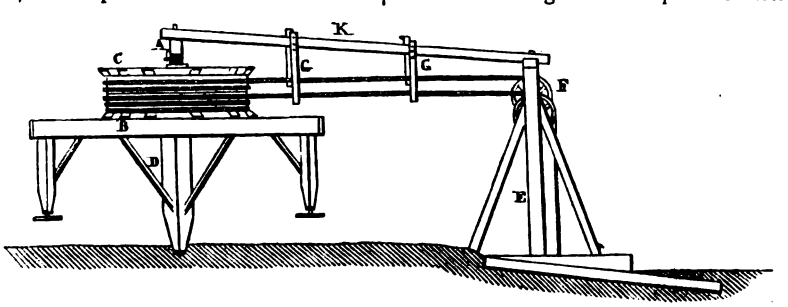
Percement des galeries. Lorsque les puits ont été fonçés on s'occupe du percement de la galerie souterraine, qui doit les mettre en rapport et servir au tracé de l'axe ou à l'écoulement des eaux, lorsque l'on se trouve dans des bancs aquifères. Cette galerie s'exécute exactement comme les galeries de mines. On lui donne environ 1^{m},30 à 1^{m},40 de hauteur, 0^{m},78 à 1^{m} de largeur en plafond, et 1^{m},20 à 1^{m},30 à la base. A mesure que les ouvriers s'avancent, ils boisent le terrain, s'ils le jugent nécessaire, au moyen de cadres, si le sol ne pousse pas trop, et au moyen de simples cadres placés de mètre en mètre avec des madriers, si les couches que l'on tra-

Digitized by Google

verse sont éboulenses. Sur le sol de la galerie on établit un chemin de fer, qui porte les petits wagons à l'aide desquels on extrait les déblais. Ces chemins de fer sont formés de fer plat mis de champ, maintenu au moyen de coins en bois dans les traverses. Cette disposition permet d'établir facilement la voie, de la réparer promptement en cas de dégradation, et d'utiliser le fer quand le travail est achevé. Dans les circonstances où la galerie longitudinale sert d'égout, c'est-à-dire a pour but l'écoulement des eaux et des déblais, on ménage dans le sol une rigole de $0^m,50$ à $0^m,60$ de profondeur, que l'on recouvre d'un plancher sur lequel on établit la voie ferrée.

Aménagement des travaux. Les terres provenant de cette galerie peuvent encore être extraites, à la rigueur, au moyen de machines, et par les procédés que nous avons indiqués plus haut ; mais lorsque l'on en vient à l'abattage en grand, c'est-à-dire lorsque l'on attaque le massif dans toute la largeur du tunnel, elles ne peuvent plus suffire. C'est à cette époque que l'on établit les cabestans à chevaux, manéges à mortier, et tous les appareils nécessaires au boisage et au muraillement du tunnel. Pour donner une idée de l'ensemble et de l'aménagement de ces travaux préparatoires, qui précèdent le percement réel du tunnel et qui sont une des conditions importantes pour la bonne exécution du travail, nous allons exposer les dispositions adoptées au souterrain de Billy-la-Montagne, sur le canal de l'Aisne à la Marne. La longueur de ce souterrain est d'environ 2.400 mètres ; il est creusé dans un terrain crayeux et aquifère : 12 puits, distants chacun de 200 mètres, servent à l'extraction des déblais et à la descente des matériaux propres à la construction des voûtes et pieds-droits. Vers le point culminant de la montagne et dans un puits spécial, sont placées deux pompes mues par un manége à 4 chevaux ; elles donnent environ 12 à 13^m cubes à l'heure, et sont établies comme les pompes de mines. Dans le puits qu'elles occupent se trouvent des échelles, afin qu'elles puissent être visitées de temps à autre. L'eau élevée ainsi est reçue dans un réservoir, et de là distribuée par une série de conduits qui l'amènent aux manéges à mortier établis sur les deux versants de la montagne Cette pompe n'est pas suffisante pour enlever toute l'eau qui arrive dans les chantiers, mais le surplus se rend dans la rigole de l'égout, qui a $0^m,50$, et s'échappe par l'une et l'autre tête du souterrain. Elle fournit du reste assez pour qu'à tout instant, et dans tous les chantiers, on en ait constamment une quantité suffisante. Chaque puits est muni d'un cabestan à chevaux, disposé à peu près de la façon indiquée figure 2518 : A, est une pièce en bois servant à maintenir l'axe autour duquel s'enroule la corde, et auquel sont attachés les chevaux au moyen des flèches B ; C, est le tambour ; il a $2^m,80$ de diamètre et une hauteur de $0^m,80$ environ. Aux extrémités se trouvent des rebords qui empêchent la corde de glisser de haut en bas ; au milieu, une bande parallèle aux bases sépare la corde montante et la corde descendante. D, est l'axe autour duquel se trouve un frein composé de deux segments, qui se manœuvrent au moyen d'un levier. Ce frein est utile à la descente des matériaux, dans le cas où la charge montante est moins lourde que la charge descendante. G, G, sont des poulies de renvoi. F, sont les poulies qui supportent directement la charge ; elles sont en fonte. Les puits sont divisés en deux compartiments, afin que les bennes ou tonneaux servant à l'enlèvement des déblais ne se rencontrent pas. Elles ont la forme de caisses évasées, munies aux quatre coins de crochets qui reçoivent les chaînes en fer par lesquelles on les attache au câble. Dans le souterrain, on les conduit jusqu'au puits en les plaçant sur une sorte de camion qui roule sur un chemin de fer. Arrivée au-dessus du puits la benne est enlevée au moyen de la corde, et lorsqu'elle arrive à la surface on amène sur l'orifice du puits une plate-forme roulante qui le recouvre. Cette plate-forme porte une voie ferrée sur laquelle se trouve un chariot. On fait descendre la benne, mais cette fois-ci on la suspend, au moyen d'axes en fer placés un peu au dessous du centre de gravité, à deux montants faisant partie du chariot. Afin qu'elle ne verse pas, on la maintient avec un crochet en fer. Cette opération faite, on ramène la plate-forme roulante dans sa première position, on conduit le chariot sur le chemin de fer jusqu'au lieu de départ, et on vide la benne en la faisant pivoter autour de son axe. Ce mode de transport des déblais est économique et expéditif ; c'est pour ces raisons que nous nous sommes un peu étendus dans leur description. Pour compléter le service des puits, il existe un chemin de fer qui règne à l'intérieur dans toute la longueur des travaux, et qui sert à amener à chacun d'eux les matériaux nécessaires. De deux en deux, il y a également un manége à mortier, qui communique par ce même chemin de fer avec les ateliers spéciaux où se fabrique la chaux hydraulique employée dans ces travaux.

Percement du souterrain dans une roche solide. Après avoir exposé la série des dispositions préliminaires nécessaires à l'établissement des tunnels, il nous reste à décrire les procédés de percement et de muraillement usités jusqu'à ce jour, et à donner à ce sujet quelques détails, car c'est dans ces diverses opérations que surgissent les difficultés. Si le terrain est solide, on attaque le tunnel par les deux extrémités, en établissant deux chantiers qui vont à l'encontre l'un de l'autre ; ou bien, si le tunnel est pressé, comme dans les circonstances d'un tunnel de chemin de fer, on creuse des puits à différentes distances et l'on multiplie les chantiers. L'abattage de la roche se fait de la manière suivante : on divise le massif en gradins afin que les ouvriers puissent travailler à différentes hauteurs et en grand nombre. Ordinairement pour une galerie dont la hauteur est de 5 mètres, on établit huit niveaux différents. On entame le gradin supérieur au moyen d'un havage, *a b c d*, ou cavité faite au pic ou à la pointerolle (fig. 2519 et 2520), puis avec un fleuret on perce trois ou quatre coups de

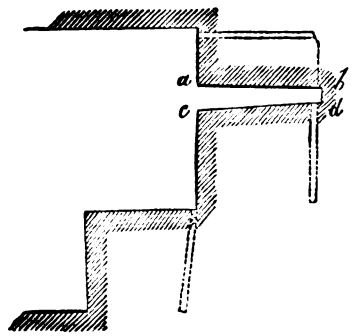


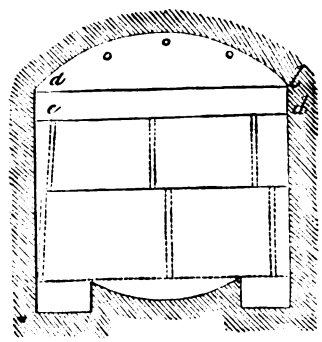
2518.

Digitized by Google

mine, suivant la hauteur de la roche ; il en est de même pour les autres gradins, mais on peut se dispenser de faire un havage, parce que le massif se trouve débité sur plusieurs faces. Lorsque les trous de mine ont atteint 1 mètre de profondeur au plus, on les charge avec une cartouche, puis on y met le feu avec des mèches soufrées, afin que les ouvriers aient le temps de se retirer et d'éviter les éclats provenant de l'explosion. Tous les coups de mine doivent être tirés à la même époque, lorsqu'un atelier vient en relever un autre ; de cette façon on évite beaucoup d'accidents.

2519.

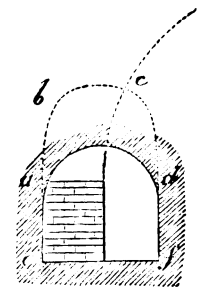




2520.

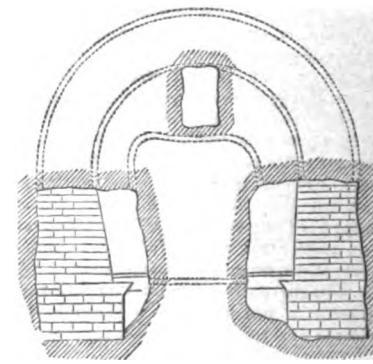
Le revêtement ne se fait que lorsque la roche est fissurée et n'offre pas assez de sécurité dans certains passages, ou bien dans le cas où elle vient à se déliter au contact de l'air, comme cela est arrivé aux souterrains du canal de Saint-Quentin, de Rolleboise et de Terre-Noire. Alors il n'offre aucune difficulté, puisque les terres se soutiennent d'elles-mêmes ; mais ces circonstances sont assez rares. Le plus souvent l'on rencontre des terrains qui sont éboulеux. Voici les moyens qui ont été mis en usage, en parlant d'abord des plus anciens et des moins parfaits.

Percement dans un terrain sans consistance. Au canal de Saint-Quentin on commença par construire les pieds-droits, puis une suite de voûtes que l'on raccorda les unes avec les autres Ainsi on fonça des puits de chaque coté du souterrain, en les conduisant jusqu'au niveau où devaient se trouver les pieds-droits; de l'un à l'autre et de chaque côté de l'axe l'on creusait une galerie boisée ou non, suivant la nécessité, on lui donnait la hauteur du pied-droit, que l'on établissait de suite. Lorsque cette construction était achevée de chaque côté, on perçait une galerie transversale faisant communiquer entre elles les deux premières ; le ciel de cette nouvelle galerie était soutenu par des boisages d'abord, et remplacé ensuite par une voûte en moellons qui reposait sur la maçonnerie déja faite. Lorsque cette manière de procéder ne réussissait pas, on creusait (fig. 2521) une galerie *abcd*, au-dessus de la première, dans laquelle se trouvaient construits les pieds-droits, et dont on comblait les vides au moyen des déblais de celle qui lui était supérieure. Cette nouvelle galerie servait a l'établissement d'une première portion de voûte. Quand celle-ci était achevée, on en construisait une seconde de la même maniere, et des deux côtés, jusqu'à ce qu'on arrivât a la clef. Cette méthode a parfaitement réussi, mais elle est très coûteuse ; aussi au canal de Bourgogne s'y est-on pris un peu différemment. Après avoir creusé les puits, on perçait successivement trois galeries. Deux de chaque côté, ayant 3 mètres de large sur 2m,50 de hauteur, devaient servir à la construction des pieds-droits jusqu'aux naissances ; la troisième, ayant 2 mètres de hauteur sur 1m,50 de large, fut établie au sommet de la voûte, un peu au-dessous du revêtement en maçonnerie, comme on peut le voir dans la fig. 2522.



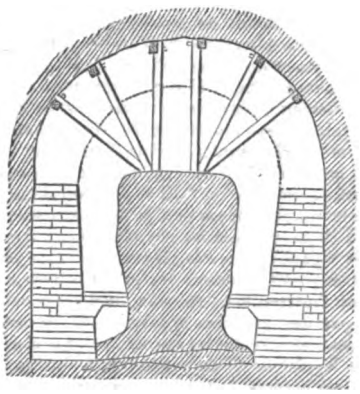
2521.

2522.

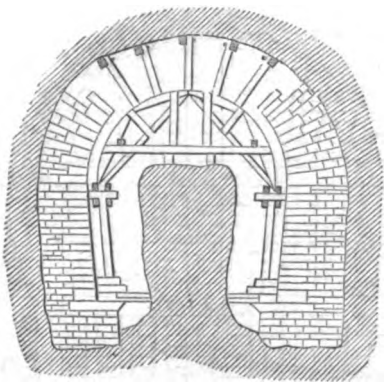


C'est par cette galerie qu'on se débarrassa des déblais provenant de l'abattage des couronnements et des galeries supérieures, opération qui vint immédiatement après l'élévation des pieds-droits jusqu'aux naissances. Afin que les terres ne s'éboulassent pas, il a suffi de les maintenir au moyen de longrines soutenues elles-mêmes par des pièces de bois placées en éventail, et venant buter contre le massif du milieu (fig. 2523). L'excavation avait alors plus de 5 mètres de diamètre. Ces supports n'étaient que provisoires, et on y substituait bientôt des étais distants de 5 mètres entre eux, sur lesquels on posait des couchis. On y fixait aussi de nouveaux étais disposés de la même façon que les premiers, mais plus courts, comme il est indiqué dans la figure 2524. A mesure que l'on avançait dans la construction de la voûte, on retirait un étai que l'on remplaçait par de la maçonnerie, dont l'épaisseur variait

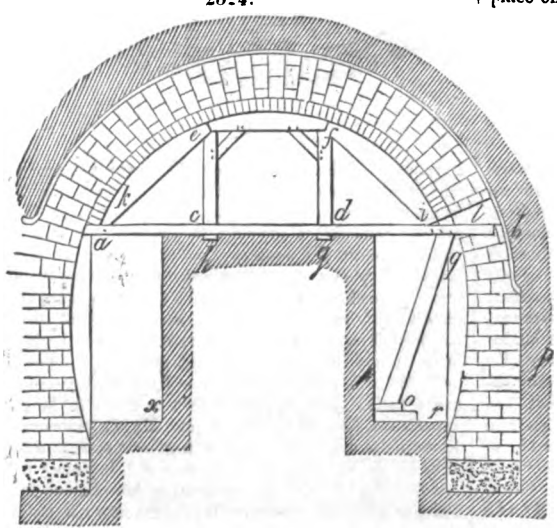
Digitized by Google



2523.



2524.



2525.

suivant la résistance du terrain. Le tout était recouvert d'une chape en mortier, afin que l'eau ne pénétrât pas. Comme pour construire la voûte on était obligé d'enlever beaucoup plus de terre qu'il n'était nécessaire à son épaisseur, on comblait les espaces vides avec des matériaux de remplissage. Lorsqu'elle était achevée, il ne restait plus qu'à abattre le massif intérieur, qui était d'ailleurs déjà recoupé par des galeries transversales faisant communiquer une galerie avec une autre.

Les méthodes que nous venons de décrire étaient usitées autrefois, mais depuis l'établissement des chemins de fer on en a imaginé une toute opposée, plus expéditive et plus économique, qui est généralement adoptée maintenant, et qui a été employée au souterrain des Batignolles. Elle consiste à établir la voûte d'abord, puis à construire les pieds-droits postérieurement par des procédés qui varient peu d'un tunnel à l'autre.

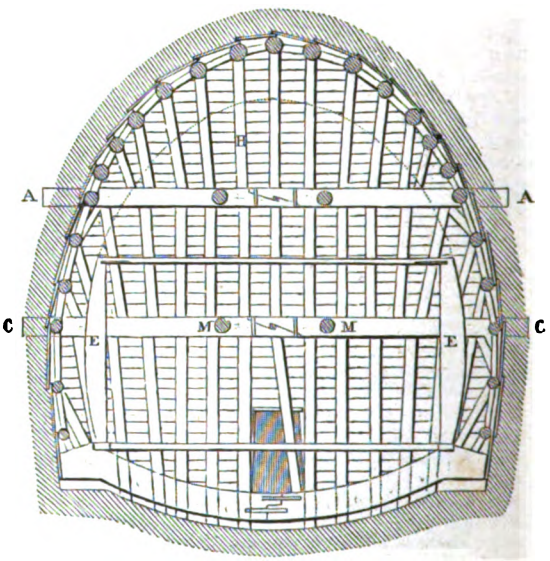
On commence par foncer des puits de 100 en 100 mètres, on les fait communiquer par une galerie qui vient les couper normalement, un peu au-dessous du point où se trouvera la clef plus tard. C'est au moyen de cette galerie dont on maintient le toit et les côtés par des cadres et des madriers que l'on fait arriver les déblais jusqu'aux puits par lesquels ils sont enlevés à l'extérieur; on se sert pour cela de chariots roulant sur un chemin de fer. Quand le souterrain est ainsi ouvert dans toute sa longueur, entre deux châssis, à peu près au milieu de l'intervalle séparant deux puits, on enlève la terre des côtés en donnant à l'excavation la forme et les dimensions que devra avoir la voûte avec son revêtement. On maintient le ciel avec des étrésillons placés en éventail et reposant sur une semelle. Quand il est suffisamment soutenu, on enlève les châssis et tous les étais que l'on remplace à mesure par des cintres (fig. 2525); ces cintres sont composés d'un cadre reposant sur deux madriers h, g; de deux moises doubles prenant les pieds du cadre auquel elles sont boulonnées. La pièce transversale supérieure, consolidée par deux goussets, a la même forme que l'intrados de la voûte, et reçoit des couchis de $0^m,20$ d'épaisseur. Pour former le reste on fait usage de vaux i et k ayant $0^m,54$ d'épaisseur en leur milieu : ils s'assemblent d'une part sur le cadre, de l'autre avec les semelles $a b$. Aux extrémités des semelles on place un coin sur lequel s'appuie la retombée de la voûte; la surface de ce coin est inclinée suivant un des rayons. Les cintres une fois en place on passe de suite à la construction du revêtement que l'on entame de droite et de gauche en marchant vers la clef. Lorsque l'on arrive à ce point on ne place pas les couchis parce que les maçons seraient trop gênés; on se sert de morceaux de bois taillés en queue d'hironde s'appuyant sur les deux couchis voisins. L'ouvrier les pose à mesure qu'il se retire en arrière. Le ciel de l'excavation est étayé au moyen de poutres placées debout, que l'on cale sur les couchis des cintres, et que l'on enlève à mesure que la maçonnerie avance. Celle-ci une fois achevée, le travail n'offre plus de danger puisque le ciel est maintenu; on s'occupe alors de l'élévation des pieds droits. Voici comment cette opération s'effectue : on enlève le massif $d o r q$ en laissant cependant un appui pour l'extrémité des semelles $a b$, puis on soutient cette semelle à l'aide d'une pièce $o q$ que l'on serre avec des coins placés en o et dirigés dans un sens opposé l'un à l'autre. Lorsque la voûte est soutenue, au droit des fermes, par le massif de terre $h g o x$, les étais $o q$, et dans l'intervalle de ces fermes par les couchis, on enlève le massif $r g b p$ et l'on construit le pied-droit avec rapidité jusqu'aux couchis que l'on détruit par parties et que l'on remplace par une assise en moellons; les coins sont ensuite enlevés, et les cavités qui

Digitized by Google

renferment l'about des semelles sont bouchées. Ce travail termine le muraillement et il ne reste plus qu'à enlever le massif du milieu, ce qui se fait avec la plus grande facilité au moyen de voies de fer.

Au souterrain de Billy-la-Montagne et dans ceux que l'on perce actuellement sur le chemin de Paris à Strasbourg, on commence également par construire la voûte et l'on fait ensuite les pieds-droits, mais les procédés sont un peu plus simples. Au souterrain de Billy on soutient le ciel par un boisage provisoire; les cintres qui le remplacent sont formés de quatre parties, ayant la forme de voussoirs; elles s'assemblent les unes avec les autres au moyen de coins que l'on enfonce dans des entailles ménagées dans les pièces en contact; leur montage et démontage est ainsi très facile et l'on a néanmoins toute la solidité désirable. Quant aux pieds-droits ils se construisent en enlevant portion par portion le massif qui soutient la retombée de la voûte et remplaçant chaque partie excavée par de la maçonnerie.

Percement dans un terrain ébouleux et aquifère. Jusqu'ici nous avons bien supposé que le terrain était éboulenx, mais nous n'avons pas considéré le cas où l'on était en outre gêné par les eaux; c'est alors que le percement est difficile et demande la plus grande habileté. Un tunnel dans ces circonstances est au niveau de la nappe d'eau ou au-dessous. Si les eaux se trouvent à la hauteur de l'excavation, on ouvre une galerie dans l'axe du souterrain, en la boisant à mesure que l'on avance et la poussant jusqu'aux deux têtes afin d'avoir un écoulement. On la creuse également jusqu'à ce que l'on ait abaissé la nappe au-dessous du fond du souterrain. Si les eaux sont plus élevées que l'extrados de la voûte on ne place plus la galerie ou égout dans l'axe, car elle trancherait le ciel de l'excavation et rendrait le travail très dangereux; il est nécessaire dans ce cas de l'établir sur le côté, parallelement à la direction là où l'eau est la plus abondante. Dans ce cas comme dans le précédent, on se débarrasse des sources en approfondissant la rigole jusqu'au-dessous de l'emplacement futur des pieds-droits et en perçant des boyaux de communication qui servent à l'enlèvement des déblais et à l'approche des matériaux. Les puits sont foncés à l'aplomb de la galerie dont on recouvre le fond avec un plancher en ménageant toutefois une rigole. Tels sont les procédés généraux en usage lorsque l'on est gêné par la poussée des terres et l'envahissement des eaux; pour mieux faire comprendre leur application nous allons prendre deux exemples : ceux de Bleckingley et de Saltwood au chemin de fer de Londres à Douvres. Ces tunnels étant creusés dans une argile qui se gonflait et occasionnait parfois une poussée considérable, il fut jugé nécessaire de construire un radier ou voûte renversée qui réunit les pieds-droits à leur base et empêchât leur glissement l'un contre l'autre. Mais à cause de cette circonstance, ce percement ne s'effectua pas par les procédés analogues à ceux que nous avons décrits jusqu'à présent. En outre on fit en briques le revêtement dont l'épaisseur varie de 0m,57 à 0m,915. Voici comment on s'y prit. Les puits ayant été foncés et boisés sur toute la ligne, on creusa l'égout à travers la colline au bas du tunnel, de façon que les eaux s'écoulassent par la pente naturelle du pays. Le terrain était soutenu au moyen de cadres distants de 1m, formés de pièces de bois rondes de 0m,115 environ, s'assemblant à tenons et mortaises en haut dans un chapeau, en bas dans une semelle ou patin. Le plafond et les parois latérales étaient garnis de planches épaisses bien ajustées, et farcies de paille afin d'éviter que le sable ne coulât et n'occasionnât des tassements. Quand le terrain fut convenablement asséché au moyen de ce conduit on pratiqua au fond de chaque puits une petite galerie de 3m,66 de longueur de chaque côté, au sommet du tunnel projeté, dans la direction de l'axe : la hauteur était suffisante pour qu'un homme pût s'y tenir debout, la largeur était de 0m,915. Si cette galerie n'était pas assez solide on faisait un boisage provisoire, en le disposant toutefois de manière qu'il pût servir à la grande galerie. Ceci fait, on encastrait dans des entailles une pièce de bois s'appuyant d'une part au fond de la galerie, sur un pied vertical et solide, de l'autre sur le boisage du puits. On élargissait la galerie à droite et à gauche de cette pièce centrale de couronnement et on posait à mesure des pièces parallèles à cette dernière; l'intervalle entre deux pièces parallèles était rempli par des planches transversales épaisses, très serrées les unes contre les autres et garnies de paille. Lorsque le ciel de l'excavation était convenablement soutenu, on enlevait la terre peu à peu, mais il fallait



2526.

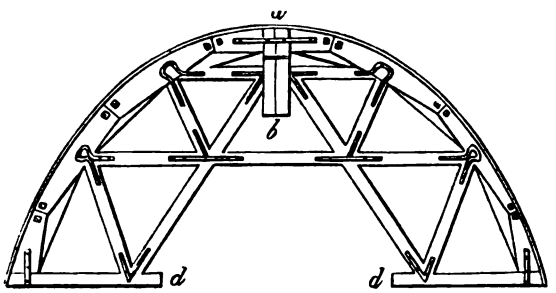
supporter les abouts des pièces de couronnement; pour cela on plaçait sur le sol une forte semelle AA (fig. 2526) formée de pièces de bois assemblées par un trait de Jupiter et consolidées avec des équerres en fer. Cette semelle recevait des poutres placées debout qui supportaient les pièces de couronnement et remplaçaient la terre qui s'éboulait, si le terrain était très mauvais on garnissait le front de l'excavation de planches que l'on maintenait au moyen de pièces inclinées qui venaient buter contre elles. Chaque étai était bien dressé afin qu'il fût plus solide et cloué à sa base sur les semelles, assez fortes pour supporter tout le poids de la partie supérieure. Des bois transversaux M, M, maintenaient les semelles entre elles. Quand la galerie supérieure était achevée de la façon que nous venons d'indiquer il fallait faire au-dessous une excavation semblable à la précédente et établir une base C, C. On ouvrait alors un passage étroit au milieu, on posait de suite des étais provisoires reposant sur des planches; et on les remplaçait ensuite par les étais définitifs s'appuyant sur la base C, C. Enfin on faisait une troisième trouée par les mêmes procédés, seulement le blindage s'appuyait sur

Digitized by Google

le sol ayant exactement la forme du radier, ce que l'on obtenait au moyen d'un gabari. Pour donner au tunnel exactement les formes et les dimensions arrêtées, on employait un fil à plomb suspendu au sommet de la galerie et portant des nœuds de 0m,30 en 0m,30; à chaque nœud correspondait un fil horizontal dont la longueur fixée d'avance sur l'épure, indiquait la quantité de terre à enlever. On tenait compte cependant de l'épaisseur des planches interposées entre la paroi et le boisage.

Pour exécuter le muraillement ou revêtement on construisit d'abord la voûte renversée en faisant usage du gabari représenté fig. 2526. Il devait servir de guide aux maçons, était en bois, et avait exactement la courbure du radier dont l'épaisseur était de 0m,30. A Saltwood, les briques étaient taillées, à Bleckingley elles furent faites exprès. Pour construire les pieds-droits avec la forme indiquée sur l'épure, on employa encore un gabari, composé de deux pièces E, E, ayant l'inclinaison voulue; ces pièces de 0m,75 de large s'assemblaient sur le gabari du radier et étaient maintenues dans leur écartement au moyen des traverses G, G, auxquelles elles étaient fixées à l'aide d'une fourchette et d'un boulon. A mesure que le muraillement avançait on enlevait le boisage qui n'était plus utile; les vides entre la paroi et le mur étaient exactement remplis, afin d'éviter la force vive que peuvent acquérir les terres en s'éboulant sur le revêtement, et qui occasionnent quelquefois de graves accidents. Les pieds-droits étant élevés à la hauteur convenable on plaçait le cintre qui devait supporter la voûte en construction. Il se composait de deux segments a, b (fig. 2527), réunis à leur sommet au moyen de coins; les vaux étaient faits avec de forts madriers réunis deux à deux par des boulons : les semelles d, d', reposaient sur une base dont les abouts étaient encastrés dans les pieds-droits et soutenue de distance en distance par des étais verticaux. Entre la base et les semelles d, d', on intercalait des coins, afin de pouvoir faire monter cette charpente au niveau convenable. Le cintre une fois posé, la maçonnerie se continuait facilement, attendu que chaque brique était taillée d'avance; il n'y avait plus qu'à veiller à ce que le projet fût exactement exécuté. A mesure que le revêtement avançait, on reculait les pièces d'étais horizontales de couronnement que l'on faisait servir à la division suivante, en les appuyant, partie sur la maçonnerie déjà exécutée, partie sur les étais qui servaient à maintenir le ciel du chantier voisin. Chaque portion muraillée avait 3 à 4 mètres de longueur; c'était ce qu'on appelait une division. La division que l'on attaquait à côté avait les mêmes dimensions; deux chantiers marchaient en sens contraire de part et d'autre du puits.

Au souterrain de Saltwood, au lieu de faire usage des cintres précédents on s'est servi d'un système de cintres roulants que l'on pouvait, à l'aide d'un chemin de fer, transporter d'un chantier à un autre. Cet appareil mobile est plus économique que les charpentes ordinairement en usage, et exige peut-être moins de main-d'œuvre; il laisse plus d'espace libre aux ouvriers et permet d'attaquer la roche à la poudre; mais si le terrain pousse, ou présente peu de consistance, il n'est pas assez solide. En général, on préfère employer des cintres plus forts qui présentent plus de garanties pour la sûreté des ouvriers et la bonne exécution du travail; mais il est indispensable qu'ils joignent à la force une grande facilité dans le montage et le démontage. Ce sont ces qualités que M. Telfort a su réunir dans ceux qu'il a imaginés pour le tunnel d'Harecastle, sur le canal de Trent et Mersey. Cet habile ingénieur avait fait creuser, sur la longueur du tunnel, quinze puits de 40 à 50 mètres de profondeur. Pour atteindre le fond de l'excavation projetée, au bas de chaque puits on avait établi un atelier : deux autres occupaient les extrémités, on attaquait d'abord l'emplacement des pieds-droits, puis on excavait toute la section en montant immédiatement les cintres. Ils étaient en fonte, formés de seize pièces, ayant la forme de voussoirs et s'assemblant l'une avec l'autre, au moyen de boulons, ce qui permettait de les faire descendre facilement par les puits et de les monter avec promptitude. Au point où la voûte commençait, le cintre formait une échancrure et avait un rayon moins grand, afin de recevoir les madriers ou vaux, qui supportent la maçonnerie. Les parois de l'excavation étaient soutenues par des étais butés d'abord contre les cintres, puis contre les madriers qui étaient placés aussitôt que deux cintres étaient ajustés.



2527.

Jusqu'ici nous avons supposé que les terrains à traverser se soutenaient encore un peu d'eux-mêmes et que l'on pouvait se débarrasser de l'eau qui affluait dans les chantiers. Cependant, il est certaines circonstances où les couches, que l'on est contraint de franchir, sont meubles, et, pour ainsi dire, fluides; et où enfin l'on est obligé de travailler sous une nappe d'eau. C'est ce qui est arrivé au percement du tunnel de la Tamise : sans décrire les travaux de ce magnifique ouvrage nous allons parler des procédés qui ont été mis en usage dans ces circonstances, parce qu'ils peuvent recevoir d'utiles applications dans des constructions moins importantes et sur une plus petite échelle. Ce travail fut commencé en 1824. Les sondages que l'on fit alors apprirent qu'il existait au-dessous de la Tamise une couche d'argile, qui permettait de tenter le passage au-dessous du fleuve, mais que plus bas il existait un banc de sables aquifères qui n'avait pas moins de 15 mètres. Il fallait donc se tenir entre ces deux couches et éviter, d'une part, l'invasion de l'eau, produite par la rupture de la couche protectrice, de l'autre, le banc de sable dans lequel il aurait été impossible de s'établir à cause de son peu de consistance et de sa perméabilité. A 35 mètres du fleuve, on creusa un puits de 16 mètres qui devait conduire à l'entrée du tunnel. Pour le murailler, on établit sur un cercle en fonte une tour en briques de 0m,90 d'épaisseur, on enleva le terrain placé dessous, avec de grandes précautions, et on la fit descendre petit à petit, jusqu'à 10 mètres; à cette profondeur, on rencontra une couche solide et l'on put murailler directement; à 20 mètres, on retrouva encore les sables, et l'on fut contraint de construire une nouvelle tour que l'on descendit jusqu'à 8 mètres, et qui devait servir de puisard. Pour percer la galerie, les procédés ordinaires n'étaient pas applicables, en raison de la grandeur de

Digitized by Google

l'excavation, qui devait avoir 10 mètres de largeur sur 6m,30 de hauteur, et de la mauvaise qualité du sol. M. Brunel imagina alors un appareil appelé bouclier. Il consiste en douze châssis en fonte placés l'un à côté de l'autre; chaque châssis, divisé en trois compartiments, formant trois étages, contenant chacun un ouvrier; il est buté contre la maçonnerie, déjà forte, au moyen de vis de pression, qui servent à le faire avancer quand il le faut. Le terrain est maintenu en haut, et latéralement, par des planchettes s'appuyant sur les châssis. Quand un ouvrier veut excaver, il desserre la vis qui retenait chaque planchette contre le terrain et enlève 0m,20 de terre environ. Cela fait, il replace la planche contre la paroi de l'excavation et la maintient de nouveau au moyen de la vis. Lorsque tous les ouvriers ont excavé 0m,20 dans toute la hauteur, on fait avancer les cadres, au moyen des grandes vis de pression étant appuyées contre la voûte faite, et l'on effectue le muraillement partiel. Un chariot sert à amener les matériaux et à enlever les déblais. Malgré de nombreuses difficultés on avança d'abord de 160 mètres en dix-huit mois; mais lorsque l'on arriva vers le milieu du fleuve, la couche d'argile devint si mince qu'elle ne put empêcher les infiltrations; il se forma même un entonnoir, dans lequel s'élança l'eau du fleuve qui envahit les travaux. Pour combler le trou il fallut jeter dans le lit du fleuve 3000 mètres cubes d'argile, qui formèrent une couche résistante et permirent, à l'aide d'épuisements, de rentrer dans la partie déjà faite. Enfin, après de nouvelles irruptions de la Tamise, moins graves il est vrai, cet important travail fut achevé, et le 25 mars 1843, il fut livré à la circulation.

Tels sont les divers moyens d'excavation et de muraillement usités dans les terrains solides et ébouleux. Il nous reste maintenant, pour terminer ce qui regarde l'établissement des tunnels, à parler de la manière dont on relie les puits avec la voûte, de la construction des entrées, et enfin de l'établissement des égouts.

Lorsque les puits ont été percés dans l'axe du souterrain, si le sol est assez résistant on se contente d'un simple boisage fait avec des cadres et des planches; ce n'est que lorsque la voûte est terminée que l'on commence le muraillement de ces puits. Généralement, la jonction se fait avec de la pierre de taille et n'offre pas de difficultés; cependant lorsque celle-ci est rare, on fait usage d'anneaux en fonte sur lesquels on élève la maçonnerie. Au chemin de Londres à Birmingham, M. Stephenson s'est servi d'un anneau composé de quatre segments, assemblés entre eux, au moyen de boulons et d'écrous. Leur diamètre intérieur était de 2m,75, comme celui du puits; la partie plane supérieure présentait une surface de 0m,38, sur laquelle on plaçait les briques. Lorsque le revêtement est terminé à l'intérieur on l'élève à l'extérieur de 2 ou 3 mètres au-dessus du sol, afin qu'il ne tombe pas, ou qu'on ne jette pas, par leur orifice, quelques corps capables d'occasionner des accidents, et on le garnit d'un grillage en fer. Quand les puits ont été muraillés, à l'époque de leur fonçage, on a soutenu le revêtement par un cadre solidement engagé dans le terrain; il n'y a plus alors qu'un simple raccordement à faire pour atteindre ce cadre. Enfin, les puits qui ne doivent pas servir à la ventilation sont comblés; pour maintenir la masse des terres qu'on y jette, et qui est sans consistance, on établit une voûte en décharge qui supporte leur poids.

L'entrée des tunnels n'offre rien de particulier. Le plus souvent les têtes sont faites en pierre de taille; quand celle-ci fait défaut et que l'on a employé la brique, on peut, comme au chemin de Rouen, ou sur quelques chemins de fer belges, orner le mur de créneaux et de tourelles, ce qui donne à l'ouvrage un aspect moyen âge. En général, on cherche à réunir l'élégance et la solidité. Chaque entrée est munie de murs en aile : afin de retenir les terres des talus qui portent eux-mêmes des banquettes, en raison de leur hauteur, on donne ainsi plus de consistance aux terres.

Dans le cas où le souterrain est construit dans des couches aquifères, on revêt la voûte d'une chape, soit en mortier, soit en bitume, et quelquefois avec des plaques de zinc cannelé. D'espace en espace on ménage des caniveaux dans les pieds-droits, afin d'amener les eaux de la chape dans un égout, construit dans l'axe; en outre, on jette sur le radier des débris de tuile ou des cailloux, et par dessus une couche de sable qui supporte les traverses. Les eaux qui suintent par la voûte et les pieds-droits s'infiltrent à travers les interstices du sol poreux et se rendent dans l'égout, au moyen d'ouvertures ménagées à cet effet; elles sont ensuite conduites dans la vallée par des rigoles qui les déversent dans quelque ruisseau. A. LE ROY.

TURBINE. Voyez HYDRAULIQUE.

TUYAU (*angl.* pipe, *all.* rohr). Les tuyaux que l'on emploie dans les arts sont de nature très variée; les plus employés sont les suivants :

Tuyaux en bois. Ces tuyaux, employés surtout pour le tubage des trous de sonde peu profonds, sont formés de troncs d'arbres percés avec des tarières, et ordinairement assemblés par emboîture cylindrique à mi-bois, en les reliant souvent en outre par des bandes de tôle ou même un manchon de métal noyé dans l'épaisseur du bois.

Tuyaux en grès et en terre cuite. On donne ordinairement à ces tuyaux une forme un peu conique afin qu'ils puissent s'emboîter les uns dans les autres. Depuis peu de temps on en fait de grandes dimensions par un procédé très simple absolument analogue à celui employé pour fabriquer le macaroni (voyez POTERIE). Dans ce dernier cas on les assemble au moyen d'un manchon qui recouvre le joint. Ces tuyaux sont surtout employés pour les conduites d'eau.

Tuyaux en verre. Dans ces derniers temps on a proposé et même employé dans quelques localités des tuyaux de verre pour former des conduites de gaz. L'usage de ces tuyaux ne paraît pas devoir se répandre surtout depuis l'emploi des tuyaux en tôle avec enduit de bitume.

Tuyaux en plomb. Les tuyaux en plomb d'un faible diamètre se font au moyen du BANC A TIRER (voyez ce mot). Lorsqu'ils doivent avoir un diamètre supérieur à 0m,05, on les fait avec une lame de plomb que l'on recourbe autour d'un mandrin et dont l'on soude les bords; cette soudure, qui se faisait autrefois avec la soudure des plombiers, alliage de plomb et d'étain, s'exécute maintenant presque toujours, sans l'intervention d'aucun métal étranger, à l'aide du chalumeau aérhydrique de M. Desbassyns, de Richemont (voyez CHALUMEAU et SOUDER). Les bouts de tuyau sont soudés entre eux de la même manière.

Tuyaux en zinc. Dans quelques cas et surtout pour la conduite des eaux sulfureuses, on emploie des tuyaux en zinc qui résistent alors parfaitement.

Tuyaux en cuivre. Les tuyaux en cuivre rouge, étamés ou non à l'intérieur, ont presque partout remplacé pour conduites de pompes, etc., les tuyaux en plomb, comme étant plus légers, par suite moins coûteux, plus durables, et, selon la croyance publique, moins dangereux lorsque les eaux qu'ils conduisent doivent servir de boisson. On les fait du reste avec une bande de cuivre laminé enroulée sur un mandrin et dont les bords sont soudés à recouvrement; on les allonge par étirage. Ces tuyaux, lorsqu'ils sont d'un faible diamètre, sont aussi employés dans la confection des chaudières à vapeur tubulaires, telles que les chaudières locomotives; dans ce cas, on les fait souvent en cuivre jaune ou laiton, lorsque ces tuyaux doivent être d'un diamètre assez fort, comme 0m,10 à 0m,15, et servir de tubes calorifères dans

Digitized by Google

des chaudières à vapeur à haute pression; ils doivent être proscrits et remplacés par des tubes en tôle soudés à recouvrement, des expériences toutes récentes, faites par ordre du sous-secrétaire d'état des travaux publics, ayant démontré que ces tuyaux de cuivre s'écrasaient très fréquemment sous la pression du dehors en dedans à laquelle ils se trouvaient soumis, ce qui pouvait donner lieu à de graves accidents (voir *Ann. des Mines*, 4e livr. de 1846).

Tuyaux en fonte. Les tuyaux en fonte sont depuis longues années presque exclusivement employés pour les grandes conduites de distribution d'eau et de gaz dans les villes. Autrefois et encore maintenant dans beaucoup d'usines on coulait ces tuyaux dans une position horizontale ou plus ou moins inclinée; il en résultait toujours un soulèvement du noyau et par suite une inégalité d'épaisseur dans les parois qui était cause que l'essai à la presse hydraulique faisait toujours rejeter une proportion assez considérable de ces tuyaux et causait ainsi une perte notable au fabricant. Lors de la dernière adjudication pour la fourniture des tuyaux destinés au service des eaux de la ville de Paris, l'administration, dans le but d'améliorer la fabrication, a exigé que les tuyaux de conduite seraient dorénavant coulés verticalement et en syphon, ce qui exige, il est vrai, un matériel un peu différent, mais a l'avantage de parer aux inconvénients ci-dessus signalés. Bien que les tuyaux de fonte soient sans défauts, il arrive quelquefois que la fonte est assez poreuse pour laisser suinter l'eau sous une charge un peu forte, ou que les eaux forment peu à peu dans l'intérieur des tuyaux des dépôts qui finissent par les obstruer ou au moins par en diminuer considérablement le débit. On peut remédier à ces deux accidents d'une manière aussi simple que facile, en imprégnant les tuyaux à la presse hydraulique ou avec une forte presse, avant leur mise en place, d'une huile siccative, telle que l'huile de lin par exemple, comme l'a fait le premier, avec le plus grand succès, M. l'ingénieur en chef des mines Juncker, aux tuyaux de conduite des belles machines à colonne d'eau qu'il a établies à Huélgoat.

Autrefois les tuyaux en fonte s'assemblaient au moyen de brides que l'on serrait avec des vis et des écrous en fer avec interposition d'une rondelle de plomb ou d'un toron de filasse imprégné de mastic de minium. On remplace maintenant souvent, dans les tuyaux de conduite, les brides par un emboîtement légèrement conique; on enfonce le tuyau mâle jusque près du fond de l'emboîtement, et l'on remplit le joint d'abord avec de la corde goudronnée et mattée, puis avec du plomb qu'on matte aussi au dehors, ce qui rend le joint imperméable. Cet assemblage se prête aux effets de la dilatation qui, sans cela, dans une conduite un peu longue, pourrait disjoindre les tuyaux, et oblige dans les assemblages à brides à interposer de distance en distance un joint compensateur fait à l'aide d'un manchon de recouvrement.

Tuyaux en fer. Depuis assez longtemps on fabrique en Angleterre des tubes soudés à recouvrement pour tubes calorifères de chaudières à vapeur, etc. Cette fabrication qui commence à se répandre dans notre pays, se fait en opérant le soudage au moyen d'une paire de cylindres dont le supérieur est à gorge et opère le soudage des bords, tandis que l'inférieur supporte le chariot sur lequel est fixé le tube préalablement chauffé et dans lequel on introduit au besoin un mandrin pour empêcher la déformation du tube. On remplace presque toujours le cylindre inférieur par un mécanisme de va-et-vient analogue à celui des machines à planer, et le cylindre soudeur est pressé contre le tuyau par des contre-poids et tourne en vertu de la pression qu'il exerce sur le tube à souder. On ne fabriquait ainsi que des tubes de faible épaisseur. MM. Russel sont parvenus à obtenir des tubes beaucoup plus forts par l'étirage à chaud. Ce procédé a été importé en France par M. Gandillot.

Tuyaux en tôle. Les tuyaux en tôle servent à l'écoulement de la fumée dans les poêles, au tubage provisoire des trous de sonde, etc. On les assemble à recouvrement, c'est-à-dire que les bords de la tôle cintrée sont réunis par des rivets; ces tuyaux étaient réunis bout à bout, à recouvrement, avec ou sans rivets. M. Ledru a cherché à remplacer les rivets par une espèce de pli obtenu par l'étirage à froid et une forte pression.

TUYAUX EN TOLE ET BITUME. Les conduites en grès ou en terre cuite se brisent au moindre choc, s'assemblent mal, ne peuvent s'embrancher solidement, et ne résistent que peu ou point à la pression des fluides.

Les conduites en fonte sont poreuses, oxydables, laissent échapper une partie des gaz, surtout s'ils sont soumis à une pression de deux ou trois atmosphères, s'embranchent difficilement, et, ne pouvant se souder, ne présentent jamais qu'un assemblage imparfait. Les conduites en plomb coûtent fort cher, s'écrasent très souvent si leurs parois ne sont pas d'une épaisseur convenable, ce qui devient alors très dispendieux.

Il était donc tout naturel que l'industrie s'occupât de créer un genre de conduite qui ne présentât aucun des inconvénients ci-dessus, et cependant pût être livré au consommateur à un prix modéré; avantage d'autant plus précieux, que l'emploi de pareils produits a presque toujours lieu sur une grande échelle.

Ce problème semble avoir été résolu victorieusement par M. Chameroy, breveté pour des *tuyaux en tôle et bitume*.

Nous allons rapidement décrire leur fabrication, qui n'offre rien de bien extraordinaire en elle-même, mais dont la perfection repose sur le soin extrême apporté à chacune de ses parties, et sur l'heureuse application d'outils et de procédés spécialement inventés pour leur usage.

Le diamètre des tuyaux de tôle et bitume varie depuis 27 millimètres jusqu'à 40 centimètres; dans ces limites, on emploie de la tôle de 1 à 2 millimètres d'épaisseur. Même dans le cas des plus fortes conduites, cette dernière épaisseur a été reconnue suffisante.

La tôle bien décapée dans un bain acidulé est étamée au plomb sur ses bords, puis courbée dans un laminoir à trois cylindres, dont elle sort avec la forme et la dimension du tuyau qu'on veut fabriquer.

On écarte les lèvres du tuyau, et un emporte-pièce fort ingénieux perce à la fois sur leurs deux bords les trous destinés aux rivets. Les trous ainsi obtenus se superposent parfaitement lorsque le tuyau vient à se refermer. Les rivets, en fer étamé, sont placés au marteau.

A l'une des extrémités du tuyau on pratique, au moyen de deux cylindres en fonte, portant des cannelures inverses l'une de l'autre à leur extrémité, roulant l'un sur l'autre, une gorge évasée dont nous verrons l'emploi tout à l'heure.

Enfin, l'on soude avec soin le joint du tuyau.

Nous arrivons maintenant à la série d'opérations qui constitue réellement l'invention de M. Chameroy.

Nous avons vu qu'une des extrémités du tuyau présentait une gorge évasée : dans cette gorge on coule, au moyen d'un moule intérieur en fonte soutenu par un bouchon de sable, un écrou en métal dur, inoxydable, assez semblable pour sa composition à celui des caractères d'imprimerie, mais cependant rendu plus résistant par l'addition d'un peu de cuivre rosette. A l'autre extrémité on coule de même, mais extérieurement, un pas de vis, de telle sorte que les tuyaux s'assemblent en se vissant l'un au bout de l'autre, mode d'assemblage supérieur à tous ceux employés jusqu'à ce jour. Le joint est rendu encore plus intime et s'exécute rapi-

Digitized by Google

dement lors de la pose, au moyen d'un enduit composé d'huile et de minium.

Des doutes pourraient être conçus sur l'adhérence de ce métal coulé ainsi à la surface de la tôle étamée; voici un fait de nature à convaincre les plus incrédules :

Pour fondre les écrous des tuyaux de gros diamètre, M. Chameroy emploie aujourd'hui un moule en fonte, une vis modèle, brisée en trois parties qui s'enlèvent isolément avec la plus grande facilité après le refroidissement; mais avant cette invention, il se servait d'un moule d'une seule pièce qu'il s'agissait ensuite de dévisser de dedans l'écrou qu'on venait de fondre. Il ne fallait pas moins de l'effort de six hommes manœuvrant aux extrémité d'un levier de 3 mètres. Jamais sous un pareil effort la pièce fondue ne s'est séparée du tuyau, et cependant il n'était pas rare que le levier, qui était en fer, vînt à se rompre.

Dans cet état, le tuyau est rempli d'eau et, au moyen d'une presse hydraulique, soumis à une pression de 15 atmosphères. On conçoit que sous une telle pression le plus léger défaut de soudure ou de ténacité dans la tôle devient apparent.

Si le tuyau résiste, il est goudronné, puis on enroule autour une corde d'étoupe pour faciliter l'adhérence de la couche bitumineuse dont on va l'entourer. Ce bitume, préparé avec soin dans des proportions rigoureusement arrêtées, se compose de bitume, de terre calcaire, de sable et d'un peu de résine.

Un mandrin traverse le tuyau et sert à le faire manœuvrer sur une table, où l'on étend le bitume composé, sortant de la chaudière. En faisant rouler le tuyau, le bitume s'attache autour de lui, et telle est l'adresse des ouvriers employés à ce travail, que non seulement tous les tuyaux ont identiquement le même diamètre, mais que leurs poids ne varient pas entre eux d'un 1/2 kilogr.

Le tuyau n'est pas encore achevé, il reçoit intérieurement une couche de bitume plus fin, renfermant moins de matières étrangères que celui qui le recouvre extérieurement. Cette couche intérieure a tout le poli et le brillant du plus beau vernis. Tels sont les tuyaux de tôle et de bitume. Les avantages principaux peuvent se résumer ainsi :

Résistance à une pression extérieure à toute épreuve;

Résistance à une pression intérieure éprouvée par quinze atmosphères, et qu'on peut porter au double après l'application de la couche de bitume;

Système d'assemblage supérieur à tout ce qui a été tenté jusqu'à présent ;

Facilité d'embranchement en coupant, soudant et recouvrant de bitume;

Durée indéfinie ; ils sont inoxydables;

L'intérieur est lisse, sans aspérité aucune;

Enfin, leur prix est de 40 p. 100 au-dessous de celui des tuyaux de même diamètre en fonte.

Une épreuve de sept années a vérifié tous ces résultats.

70.000 mètres ont été posés à Paris seulement, tant pour des conduites de gaz que pour des conduites d'eau, et pas un seul accident n'est survenu. Une pareille canalisation en fonte présente une moyenne de sept ruptures par an, et l'on sait quels horribles malheurs peuvent en résulter quand il s'agit de gaz. Plus de vingt compagnies d'éclairage, en province, ont suivi l'exemple de Paris.

Nous devons toutefois répéter que d'aussi brillants succès sont dus bien moins à l'idée elle-même de l'invention, qu'à la perfection et au soin avec lesquels elle est exécutée jusque dans ses détails les plus insignifiants en apparence.

TUYERE. Voyez **MÉTALLURGIE.**

TYMPAN. Voyez **HYDRAULIQUE** et **MACHINE SOUFFLANTE.**

TYPOGRAPHIE. Voyez **IMPRIMERIE.**

U

URANE. Corps considéré jusqu'à l'année dernière comme simple, mais que M. Péligot a reconnu être un oxyde d'un nouveau métal, l'*uranium*. Le seul des composés de ce métal employé dans les arts est celui connu sous le nom d'*oxyde d'urane;* nous avons décrit sa préparation à l'article **POTERIE,** en parlant des couleurs *vitrifiables;* il sert dans les couvertes et peintures sur porcelaine, ainsi que dans la fabrication des verres de couleur (voyez **VERRE**).

URINE. Voyez **AMMONIAQUE** et ses sels, ainsi que **DÉSINFECTION.**

V

VAN. VANNAGE. Voyez **MOULIN.**

VANADIUM. Métal découvert en 1830 par M. Selfstroem ; il est très rare et n'a reçu par suite aucun emploi dans les arts.

VANNE. Voyez **HYDRAULIQUE.**

VANILLE. La vanille est le fruit d'une plante grimpante de la famille des orchidées qui croît surtout sous les tropiques dans l'Amérique centrale. Ce fruit consiste en cosses oblongues réunies en grappes volumineuses, et qui nous arrivent sèches. On emploie la vanille pour parfumer des chocolats, des glaces, des crèmes, des liqueurs, et même des pommades et des huiles. Elle est assez difficile à broyer; on y parvient en la mélangeant avec du sucre; l'huile essentielle à laquelle elle doit son arome est soluble dans l'alcool.

VAPEUR (*angl.* vapour, *all.* dampf). C'est à l'emploi de la vapeur que nous sommes presque exclusivement redevables de l'immense développement qu'ont pris depuis un demi-siècle le commerce et l'industrie. Tantôt profitant de la propriété que possède la vapeur d'eau de se condenser en dégageant de la chaleur, on l'emploie comme agent calorifique bien plus régulier que le feu nu; tantôt on s'en sert comme agent de transport de la chaleur, en bain-marie, dans les calorifères, etc.; tantôt elle agit à la fois comme agent mécanique et chimique, dans la préparation de la gélatine, la fixation de certaines couleurs sur les tissus, etc.; tantôt enfin on l'emploie comme moyen de transformer en force motrice le calorique que dégagent les combustibles en brûlant.

Digitized by Google

Nous ne nous occuperons ici que de la vapeur d'eau, bien que les lois que nous allons énoncer soient générales et s'étendent à toutes les vapeurs.

L'eau n'entre en ébullition que lorsque la tension de sa vapeur est égale à la pression à laquelle elle est soumise, c'est-à-dire à l'air libre, à la pression atmosphérique par la hauteur barométrique du lieu; elle bout donc, toutes choses égales d'ailleurs, à une température d'autant plus basse que l'eau s'élève davantage au-dessus du niveau de la mer.

Lorsque l'air et la vapeur sont mêlés ensemble, la tension résultante est la somme des tensions que présenterait isolément chacun d'eux dans les mêmes circonstances.

La force élastique ou tension de la vapeur, au-dessus de son point de saturation, varie proportionnellement à la température et en raison inverse de l'espace qu'elle occupe.

A chaque température correspond un maximum de saturation de vapeur; si la température s'élève, il se vaporise une nouvelle quantité d'eau; si elle s'abaisse, il se condense une certaine proportion de vapeur.

Sous le même volume et la même température, la densité de la vapeur d'eau est les 5/8 de celle de l'air; un mètre cube de vapeur d'eau, à 0° et sous la pression de $0^m,760$ de mercure, pèse donc $0^k,810$.

Sous une pression quelconque, et à toute température, l'eau en passant de l'état liquide à l'état de vapeur absorbe 550 unités de chaleur qui passent à l'état de calorique latent; et, réciproquement, l'eau en se condensant et passant de l'état de vapeur à l'état liquide dégage 550 unités de chaleur, qui de l'état de chaleur latente passent à l'état de chaleur sensible.

Il est indispensable pour les calculs sur la vapeur et les machines à vapeur avec ou sans condensation, de connaître la valeur de la tension de la vapeur d'eau aux principales températures en usage dans la pratique; nous avons extrait les renseignements qui suivent du beau travail que M. Regnault a récemment communiqué à l'Académie des Sciences, et nous les avons disposés sous forme de tableau.

Table des forces élastiques de la vapeur d'eau de 0° à 150°.

TEMPÉRATURES en degrés centigrades.	FORCES ÉLASTIQUES DE LA VAPEUR D'EAU	
	en millimètres de mercure.	en kilogrammes, par centimètre carré.
0	4,60	0,006
5	6,53	0,009
10	9,16	0,012
15	12,70	0,017
20	17,39	0,024
25	23,55	0,032
30	31,55	0,043
35	41,83	0,057
40	54,91	0,075
45	71,39	0,097
50	91,98	0,125
55	117,48	0,160
60	148,79	0,202
65	186,95	0,254
70	233,09	0,317
75	288,52	0,392
80	354,64	0,482
85	433,04	0,589
90	525,45	0,714
95	633,78	0,861
100	760,00	1,033
104	872,75	1,186
108	999,32	1,358
112	1141,03	1,551
116	1299,53	1,766
120	1476,00	2,006
123	1621,19	2,204
126	1778,04	2,417
129	1947,35	2,647
132	2129,80	2,895
135	2326,50	3,162
137	2464,80	3,351
139	2610,90	3,549
141	2763,60	3,756
143	2923,50	3,974
145	3090,90	4,201
146	3177,50	4,319
147	3266,10	4,439
148	3356,80	4,563
149	3449,40	4,688
150	3543,70	4,882

En prenant les résultats d'expériences ci-dessus, M. Combes a calculé une formule qui donne avec une exactitude plus que suffisante la tension de la vapeur, entre les températures de 30 et 160°, et les tensions correspondantes, qui sont de 1/20 et 6 atmosphères, limites de celles qui se rencontrent dans la pratique Cette formule est :

$$1000\,p = (1,300172 + 0,0187457\,t)^{6,0077},$$

dans laquelle t est la température en degrés centigrades, et p la force élastique de la vapeur exprimée en kilogrammes sur un centimètre carré de surface.

État sphéroïdal des liquides. Dans certaines circonstances les liquides, au lieu de se vaporiser rapidement par l'action d'une chaleur élevée, passent par un état intermédiaire, observé d'abord par Leidenfrost, et que M. Boutigny, qui vient de l'étudier récemment avec soin, a proposé de désigner sous le nom d'*état sphéroïdal*, parce que si l'on jette une goutte de liquide sur la surface d'un corps incandescent, elle prend une forme sphéroïdale et roule sur cette surface sans la mouiller; si l'on ajoute une plus grande quantité de liquide, la sphère s'aplatit et se transforme en ellipsoïde; sur un plan, tous ces ellipsoïdes ont un axe vertical dont la longueur ne dépend que de la densité de la matière soumise à l'expérience et varie en raison inverse de cette densité. Il résulterait des recherches de M. Boutigny sur ce phénomène remarquable :

1° Que la limite inférieure extrême de température à laquelle il se reproduit est de + 174° pour l'eau;

2° Que la température des corps à l'état sphéroïdal est proportionnelle à celle de leur ébullition et de 96° 1/2 pour l'eau;

3° Que la température de leur vapeur est égale à celle des vases qui la contiennent;

4° Que les corps à l'état sphéroïdal s'évaporent très lentement, et que cette évaporation est d'autant plus rapide que la température du vase est plus élevée;

5° Qu'il n'y a pas contact entre les corps à l'état sphéroïdal et les surfaces qui les font passer à cet état; qu'ainsi, par exemple, on peut concentrer de l'acide nitrique dans des capsules de cuivre ou d'argent sans que ces métaux soient attaqués;

6° Que tous les corps volatils sont susceptibles de passer à l'état sphéroïdal;

7° Que ce phénomène joue un rôle important dans certaines explosions de chaudières à vapeur.

Nous croyons intéressant de faire connaître ici les principales expériences faites par M. Boutigny sur ce

Digitized by Google

curieux phénomène, expériences qu'il est facile à chacun de répéter.

Si, après avoir fait rougir une capsule, on y verse une goutte d'eau, celle-ci ne mouille pas la capsule et roule sur sa surface comme le fait le mercure sur du verre. Laisse-t-on refroidir la capsule? il arrive un moment où l'eau s'étale sur sa surface et la mouille, puis s'évapore subitement en faisant explosion.

On prend une petite capsule hémisphérique à parois très épaisses, on la fait rougir à blanc, on la saisit avec des pinces et, par un mouvement rapide, on la remplit en puisant dans un verre plein d'eau, puis on la place sur un support; d'abord, aucun signe d'ébullition ne se manifeste; c'est à peine si l'eau donne quelques vapeurs, puis on entend un léger sifflement, le contact s'établit, le sifflement augmente d'intensité et l'eau bout avec une grande force.

Ces expériences répétées dans une petite chaudière d'essai bouchée fortement, donnent lieu à de violentes détonnations même quand le bouchon est traversé par un tube capillaire donnant issue à la vapeur; ce fait semble devoir jeter quelque lumière sur les explosions des chaudières à vapeur dans les cas où elles sont dues à un abaissement de niveau de l'eau liquide au-dessous des carneaux ou tubes caloriferes.

On démontre aisement que les corps à l'état sphéroïdal s'évaporent très lentement, par l'expérience qui suit : on fait rougir une petite capsule en platine, on y projette quelques centigrammes d'iode dont les vapeurs rares et transparentes sont à peine visibles; on soustrait la capsule à l'action de la chaleur, et bientôt après l'iode s'étale sur la capsule et bout fortement en répandant d'abondantes vapeurs violettes.

Si l'on place quelques centigrammes de nitrate d'ammoniaque dans une capsule, et que l'on pose celle-ci sur une lampe à esprit-de-vin, le sel fond d'abord dans son eau de cristallisation, il se dessèche, puis il s'enflamme et brûle sans laisser de résidu; laissons la capsule sur la lampe et, quand elle est rouge, projetons-y la même quantité de nitrate d'ammoniaque que précédemment; ce sel fondra et passera à l'état sphéroïdal sans brûler; mais, si on laisse refroidir la capsule, il arrive un moment où il s'enflamme et brûle comme ci-dessus. Voilà donc un corps combustible qui cesse de l'être dans les conditions en apparence les plus favorables à la combustion.

Enfin, si l'on chauffe une capsule à blanc, qu'on y verse alors quelques grammes d'acide sulfureux qui, en vertu de la loi de la température des corps à l'état sphéroïdal, descend à 11° au-dessous de zéro, puis qu'on laisse tomber de l'eau goutte à goutte dans cet acide, cette eau s'y congèle immédiatement et, finalement, on retire de la capsule, toujours chauffée à blanc, un morceau de glace d'un froid *brûlant*. La congélation de l'eau dans l'acide sulfureux à l'état sphéroïdal est un phénomène d'équilibre de température qui s'établit entre l'eau et l'acide, et n'est pas la conséquence d'une absorption de chaleur sensible due à la volatilisation de l'acide; l'eau se congèle dans ce cas comme elle le ferait si on la laissait tomber goutte à goutte dans une capsule en porcelaine dont la température serait de 11° au-dessous de zéro.

Des causes d'explosion des chaudières à vapeur. En parlant de l'état sphéroïdal des corps, ainsi qu'à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR, nous avons énuméré les principales causes d'explosion des chaudières à vapeur et indiqué les moyens d'y remédier. Bien que l'alimentation ait été constamment régulière, il se présente quelquefois des explosions dont il est difficile de trouver la cause. Nous pensons que les recherches suivantes de M. Donny, de Gand, sur l'ébullition des liquides, sont destinées à jeter un nouveau jour sur cette question délicate :

« Si un liquide purgé d'air et chauffé au-delà de son point d'ébullition vient à se diviser, le dégagement de vapeur est tellement instantané qu'il ressemble fort à une explosion ; c'est ce qui arrive, mais à un moindre degré d'intensité, dans le phénomène désigné sous le nom de *soubresauts*, qui se produit dans les liquides tenus en ébullition depuis quelque temps. En effet, l'ébullition prolongée fait perdre aux liquides la plus grande partie de l'air qu'ils tenaient en dissolution; dès lors, l'attraction moléculaire qui commence à se manifester d'une manière sensible, permet au liquide de s'échauffer au-delà de son point d'ébullition; il en résulte l'apparition de nouvelles bulles d'air qui font que le liquide se divise par un soubresaut; puis un grand dégagement de vapeur a lieu et, par conséquent, un abaissement de température qui rend momentanément le calme au liquide. Une expérience directe a montré qu'un courant délié d'air atmosphérique peut, en passant à travers les liquides, arrêter ces mouvements incommodes et souvent dangereux.

« En voyant des soubresauts assez violents pour briser quelquefois l'appareil, M. Donny s'est demandé si la rupture brusque de la cohésion d'une masse liquide fortement chauffée ne pourrait pas, dans certaines circonstances, devenir la cause, soit principale, soit accessoire, des terribles explosions des chaudieres à vapeur. Pour vérifier sa conjecture, il chercha a placer son appareil dans les conditions où se trouve une semblable chaudière et réussit à obtenir, après une ébullition prolongée, des soubresauts assez violents pour que dans l'une de ses experiences la boule de l'instrument se brisât et que l'expansion de la vapeur projetât les fragments de verre à une assez grande distance. Cette expérience répétée avec de l'eau bien purgée d'air d'un marteau d'eau, dont la partie supérieure fut brusquement enlevée pendant qu'on chauffait sa partie inférieure, donna lieu à une explosion violente. Il semblerait résulter de là que, pour prévenir ces sortes d'explosions dans les chaudières à vapeur, il suffirait de faire arriver dans la partie inférieure de ces chaudières, au moyen d'une petite pompe ou de toute autre manière, un courant d'air faible et continu. »

Nous ferons observer que s'il arrive en réalité une aussi faible quantité d'accidents dus à la cause que signale M. Donny, cela tient à ce que l'eau d'alimentation est toujours plus ou moins aérée, ce qui renouvelle l'air dans l'intérieur de la chaudière. Néanmoins dans les chaudières alimentées par de l'eau venant du condenseur, surtout lorsque la température de celle-ci est un peu élevée, il serait prudent d'adopter le procédé que recommande M. Donny.

Indicateurs de la tension de la vapeur. Pour mesurer la tension de la vapeur dans les chaudières et autres appareils à vapeur on se sert des manomètres à air libre (voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR). Le manomètre à air libre ordinaire ne pouvant être appliqué dans tous les cas, à cause de ses dimensions qui augmentent proportionnellement à la tension de la vapeur, la longueur de la colonne verticale de verre devant être égale à 0m,76 multipliée par le nombre d'atmosphères qui représente la tension effective de la vapeur.

Nous avons déjà parlé à l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR du *manomètre à air libre* de M. Richard, qui évite l'inconvénient que nous venons de signaler par une disposition très ingénieuse, qui consiste à replier le tube plusieurs fois sur lui-même, et à remplir de mercure la partie inférieure de l'hélice ainsi formée et d'eau la partie supérieure, de manière à ce que la pression à l'une des extrémités du tube soit mesurée par une colonne de mercure dont la hauteur serait représentée par le produit d'un facteur égal au rapport de la différence des densités du mercure et de l'eau à la densité du mercure, par la somme des dénivellations du niveau

Digitized by Google

du mercure dans chaque branche du tube ou, si le tube est bien calibré, par la dénivellation dans l'une des branches du tube multipliée par le nombre de ces branches.

M. Galy-Cazalat est arrivé au même résultat, réduction des dimensions du manomètre à air libre, et à une construction aussi simple qu'élégante, en s'appuyant sur le principe suivant :

La force de la vapeur peut être représentée par le produit de la base de la colonne de mercure qu'elle soulève par sa hauteur, quelles que soient d'ailleurs les dimensions latérales du tube contenant le mercure, tant que la base pressée par la vapeur d'une part et par le mercure de l'autre reste la même. Mais si la pression que la vapeur exerce sur une base donnée est transmise sans altération sur une base 20 fois plus grande, par exemple, pressée par le mercure, les variations de la force élastique de la vapeur seront représentées par des hauteurs 20 fois moindres, afin que le produit qui mesure la même force conserve la même valeur.

Pour appliquer ce principe aux manomètres, M. Galy-Cazalat interpose entre la vapeur et le mercure deux membranes imperméables et parfaitement flexibles de peau doublée de caoutchouc. L'une de ces membranes, pressée par la vapeur, abaisse plus ou moins (de 1 millimètre au plus) un petit piston sans frottement; ce dernier forme la tige d'un piston 19 fois plus grand qui, en s'abaissant sur la seconde membrane, fait monter le mercure de la cuvette dans un tube de verre, à des hauteurs 19 fois moins grandes, c'est-à-dire, de $0^m,04$ au lieu de $0^m,76$ par chaque atmosphère de pression. Ainsi pour une pression effective de 7 atmosphères, la plus élevée de celles usitées dans l'industrie, il suffirait que le tube manométrique eût une hauteur de $0^m,04 \times 7 = 0^m,28$.

Soupapes de sûreté. Nous avons vu, en parlant des CHAUDIÈRES A VAPEUR, que bien qu'il fût préférable de les charger au moyen d'un poids direct, la grandeur considérable de ce poids conduit presque toujours, dans les chaudières fixes, à opérer la charge sur la soupape par l'intermédiaire d'un levier. Dans les chaudières de locomotives cette disposition est inapplicable et le poids agissant à l'extrémité d'un levier a été remplacé par un ressort, substitution qui est évidemment défectueuse. Dès 1834, M. Galy-Cazalat avait imaginé, en se fondant sur un principe analogue à celui sur lequel reposent les soupapes à double siége des machines à vapeur du Cornouailles et de certaines pompes (voyez fig. 2102 et 2103, page 3038), ou plutôt encore sur le principe des régulateurs des MACHINES A COLONNE D'EAU, d'employer, sur les locomotives, des soupapes à poids direct, à l'abri du cahotage, en détruisant une partie de la pression de la vapeur sur la soupape de sûreté par une pression exercée en sens contraire sur une soupape liée invariablement à la première et d'un diamètre un peu plus faible. En donnant à la soupape supérieure un centimètre carré de plus qu'à l'autre, la vapeur devait soulever les soupapes avec une force proportionnelle à sa pression, sur un centimètre carré seulement, en sorte que, pour la maintenir fermée, il suffisait de faire supporter à la soupape supérieure autant de fois $1^k,033$ qu'il y avait d'atmosphères dans la pression effective de la vapeur. Ainsi la soupape d'une locomotive ayant 78 centimètres carrés de surface et la tension effective de la vapeur pouvant s'élever jusqu'à 7 atmosphères, il faudrait, pour la tenir fermée, un poids direct de $78 \times 7 \times 1,033 = 564$ kilogrammes, tandis que dans le système de M. Galy-Cazalat ce poids sera seulement de $7 \times 1,033 = 7$ kilogr. 1/4.

La difficulté de roder simultanément les deux soupapes solidaires sur leurs siéges avait empêché l'usage de ces soupapes de se répandre. M. Galy-Cazalat est arrivé tout récemment à faire disparaître ce grave inconvénient, en remplaçant la soupape inférieure par un disque mince de cuivre rouge dont le centre est fixé à la queue de la soupape supérieure, et dont le périmètre est adapté hermétiquement sur un orifice ayant un centimètre carré de moins que cette dernière soupape. Par suite de cette disposition la vapeur de la chaudière, affluant entre les deux, agit en sens contraire sur le disque de cuivre flexible et sur la soupape, qui ne se soulève que parce qu'elle est pressée sur un centimètre carré de plus que la membrane de cuivre qui la retient.

P. DEBETTE.

VENT. Voyez MOULIN A VENT.

VENTILATION. Voyez CHAUFFAGE, HOUILLE et MINES.

VENTILATEUR. Voyez MINES et MACHINE SOUFFLANTE.

VERMICELLE. Voyez AMIDON et FÉCULE.

VERMILLON. Voyez CINABRE.

VERNIS (*fabrication des*). Si le mot vernis s'appliquait à toutes les substances en état de procurer aux corps solides un certain éclat, par l'effet combiné de la réflexion et de la réfraction des rayons lumineux, l'eau pure ou chargée de matières gommeuses ou gélatineuses, tous les liquides, en général, jouissant de cette propriété, pourraient être considérés comme de véritables vernis; mais, le lustre que l'eau et la plupart des liquides produisent, disparaissant par l'évaporation ou la dessiccation du fluide lui-même; les couches gélatineuses ou gommeuses qui restent à la vérité luisantes après la disparition de l'eau, ne pouvant résister à l'humidité de l'air, ni aux lavages, ne méritent pas le nom de vernis, que nous réserverons seulement aux matières résineuses ou gommo-résineuses, qui, en dissolution ou en suspension dans un liquide approprié, et en cet état, étendues à la surface des corps, continuent, même après l'évaporation ou la dessiccation du véhicule qui facilita leur application sur ces corps, d'y adhérer fortement et d'y former une couche luisante, unie, solide et transparente, inattaquable par l'air et par l'eau pendant un espace de temps plus ou moins long.

D'après cette définition, on comprendra de suite que les vernis ne doivent pas être seulement brillants, qu'il faut en outre qu'ils ne changent pas sensiblement la teinte naturelle ou artificielle des corps sur lesquels ils sont appliqués. L'art du vernisseur se trouve donc resserré dans les limites assez étroites des résines et des véhicules peu ou pas colorés, en état de s'unir mécaniquement, de se mélanger intimement, mais non de s'altérer mutuellement.

Faire des vernis, c'est donc simplement diviser, étendre les molécules résineuses dans un liquide approprié, de telle manière qu'après l'évaporation complète de ce liquide, ces molécules puissent reprendre la couleur, l'éclat et la solidité dont elles jouissent dans leur état normal. C'est le cas des vernis préparés au moyen de l'éther et de l'alcool.

Ou bien : c'est diviser, étendre les molécules résineuses dans un liquide approprié, de telle manière qu'après la complète dessiccation du liquide interposé, ces molécules, en vertu de la force de cohésion et d'attraction qui leur est propre, puissent reprendre, non plus leur couleur, leur éclat et leur solidité première, mais cette couleur, cet éclat et cette solidité, modifiés par les particules desséchées du liquide qui continuent ainsi de les diviser, de les éloigner les unes des autres. C'est le cas des vernis préparés au moyen de l'essence de térébenthine (1) et de l'huile.

(1) Parce que l'essence de térébenthine ne s'évapore pas tout entière sous l'influence de l'oxygène atmosphérique; une portion de cette essence se modifie et laisse après elle une résine particulière longtemps molle et gluante, qui, mélangée aux autres résines du vernis, communique à celles-ci, d'une nature plus sèche, une certaine souplesse qu'elles

Digitized by Google

On pourrait donc à la rigueur ne former que deux genres de vernis. Dans le premier seraient compris les vernis à l'alcool et à l'éther, c'est-à-dire ceux qui, après leur dessiccation, ont entièrement perdu le liquide qui divisait leurs parties résineuses. Le second genre comprendrait les vernis à l'essence et à l'huile; c'est-à-dire ceux qui, après leur dessiccation complète, en ont conservé une certaine quantité.

Mais, comme les vernis à l'éther, à l'alcool, à l'essence et à l'huile, présentent d'ailleurs des caractères tout différents, plus faciles à saisir, soit sous le rapport de l'odeur, de la rapidité de la dessiccation, de la solidité ou résistance à l'air, etc., ce qui rend les uns plus propres que les autres à certains emplois spéciaux, nous en ferons quatre genres, non seulement pour nous conformer à l'usage, mais encore pour les classer d'une manière logique et naturelle.

Dans le premier genre, nous placerons les *vernis à l'éther*, comme ceux où le véhicule est le plus facile à s'évaporer à la température ordinaire, comme étant par conséquent les plus siccatifs.

Le deuxième genre comprendra les *vernis à l'alcool*, c'est-à-dire ceux où l'évaporation du liquide est la plus rapide après celle de l'éther.

Le troisième genre comprendra les *vernis à l'essence*, c'est-à-dire ceux qui sont moins siccatifs encore que ceux à l'alcool, parce que le liquide, bien que s'évaporant rapidement, délaisse cependant un résidu appréciable d'essence grasse (1), mollasse et visqueuse pendant longtemps, et retardant, par cela même, la complète dessiccation, ou, si l'on veut, la complète solidification de la couche résineuse produite.

Le quatrième genre comprendra les *vernis gras* ou à l'huile, moins siccatifs encore que ceux à l'essence, parce que le véhicule (huile et essence) qui sert à les préparer, est celui de tous qui se dessèche le plus lentement et qui fournit les résidus les plus abondants; 10 p. 100 environ de l'essence, et 12,50 p. 100 de l'huile employée.

Causes qui rendent les vernis plus ou moins siccatifs. Si, chez les vernis de troisième et quatrième genre, la nature molle et la plus ou moins grande abondance des résidus que délaisse le véhicule dans la composition de la couche résineuse à solidifier, influent sur la rapidité de cette solidification ou dessiccation; car, ces deux mots expriment exactement la même idée, dans tous les genres, il est évident que la nature plus ou moins sèche de la résine ou des résines dont les vernis sont composés, n'influera pas moins sur cette même dessiccation en la favorisant ou en la retardant.

Dans chaque genre, on trouvera donc des vernis plus siccatifs et d'autres moins siccatifs, selon que les diverses formules comporteront telles ou telles autres résines; selon que les matières molles ou gluantes, et par suite lentes à se dessécher, s'y trouveront plus ou moins dominantes sur celle de nature plus sèche.

Causes qui concourent à rendre les vernis durables. Une couche de vernis desséchée sera-t-elle d'autant plus résistante aux chocs, aux frottements, à l'action de l'air, du soleil, etc.; sera-t-elle d'autant plus durable, qu'elle sera composée de matières plus sèches, plus dures? Non, car une pellicule de vernis uniquement composée de substances résineuses, sèches et dures, ne saurait résister à l'action des corps en état de l'endommager autant que si elle était moins dure, moins rigide. Elle éclaterait ou s'écraserait sous le moindre choc, se fendillerait par la dessiccation, choses qu'elle ne ferait pas si elle avait plus de liant. La térébenthine que l'on adjoint aux résines dans les vernis à l'alcool, l'essence grasse qui reste dans les vernis à l'essence après leur dessiccation, la petite partie d'huile desséchée, qui, avec une certaine quantité d'essence grasse, se trouve mélangée aux résines des vernis gras arrivés à leur point de dessiccation, toutes ces substances n'ont d'autre office que de modifier, de ramollir les résines, les rendre ainsi moins faciles à sécher, à reprendre leur solidité première; mais, en même temps, de les mettre mieux en état de résister aux chocs, aux frottements, et aussi à l'action destructive de la lumière et de la chaleur solaire des gaz atmosphériques, etc., etc.

Cela bien entendu, l'on comprendra pourquoi les vernis les plus siccatifs sont les moins durables; pourquoi les vernis les plus lents à sécher sont les plus solides, dès qu'ils ont atteint le degré de dessiccation qui leur convient; et, comme en tout, il y a une limite à garder, l'on comprendra qu'il faut prendre un bon intermédiaire, afin d'obtenir, tout à la fois, un vernis suffisamment siccatif pour ne pas rester trop longtemps exposé à la poussière ou à être enlevé par les frottements, et suffisamment liant pour ne pas se casser, se fendiller, s'oxyder trop vite et tomber en poussière sous l'action de toutes les causes en état d'opérer ces effets.

A quoi tient la coloration des vernis. 1° On sait que les résines, telles qu'elles arrivent des lieux qui les fournissent au commerce, soit en caisses, soit en balles, sont toujours un mélange de trois nuances au moins que l'on sépare à la main, pour faire ce que l'on appelle le premier, le deuxième et le troisième choix, après lesquels il reste encore ce que l'on nomme *la pousse* dans les résines tendres, *les marrons* dans les résines dures. Il va sans dire que le vernisseur utilise le tout pour former trois ou quatre nuances de vernis, trois ou quatre *numéros*, comme on le dit en fabrique. Dans chaque genre, à égalité de composition, on obtiendra donc des vernis de même solidité, mais de nuances plus ou moins foncées, selon qu'on aura employé le premier, le deuxième, le troisième choix, la pousse ou les marrons des matières résineuses pour les composer. La coloration des vernis tient donc essentiellement à l'état de coloration des résines elles-mêmes.

2° Mais, en outre des soins apportés à bien assortir les nuances des matières résineuses, comme dans leur état naturel elles sont toujours plus ou moins propres, plus ou moins mélangées de particules d'écorces, de sable ou même de terre, un amateur, désireux de faire de beaux et bons vernis, aura toujours le soin de les monder, au couteau, de toutes les impuretés qu'il pourra enlever ainsi; non content de cela, il les mettra dans de l'eau de rivière, les y fera bouillir, et après les y avoir bien brassées, il les rincera à l'eau froide, et les fera sécher ensuite sur des toiles, au soleil. Cette opération a pour but de débarrasser les morceaux de toutes les substances graisseuses ou autres qui les salissent, et de les rendre plus facilement dissolubles dans les différents véhicules au moyens desquels on les transformera en vernis.

Mais, indépendamment de ce premier lavage, lorsqu'il s'agira de vernis qu'on veut obtenir de première blancheur et limpidité, dans les deuxième et troisième genres, il est convenable de les laver une seconde fois avec de l'alcool ou de l'essence de térébenthine avant de les mettre dans l'alcool ou l'essence qui les dissoudra définitivement; on achèvera ainsi de monder les résines de la croûte plus ou moins oxydée et opaque dont chaque morceau se trouve toujours enveloppé, et l'on obtiendra des vernis incomparablement plus brillants. L'alcool ou l'essence qui ont servi pour ce lavage sont mis à part; on les emploie dans les vernis de moindre qualité.

---

ne possèdent pas par elles-mêmes, et les rend ainsi un peu plus durables à l'air. C'est pour cette raison que les vernis à l'essence sont plus solides que ceux à l'alcool.

(1) L'essence grasse égale environ 10 p. 100 de l'essence employée. En d'autres termes, 10 kil. d'essence fournissent 1 kil. d'essence grasse.

Digitized by Google

3° Les instruments et les vases dont on se sert dans la préparation des vernis doivent être toujours parfaitement propres et bien nettoyés. Il serait absurde, en effet, de prendre tant d'embarras à purifier les résines pour les traiter ensuite dans des vases malpropres. Ce qu'on gagne d'un côté on le perdrait de l'autre.

4° Enfin le feu ayant pour effet de toujours décomposer les résines, et cette décomposition d'amener toujours une coloration d'autant plus intense qu'elle est plus profonde, il est d'une extrême importance de ne laisser la résine sur le feu que le moins de temps possible, et de la bien remuer alors qu'elle y est, pour l'empêcher de s'attacher au fond, de se brûler.

I. VERNIS A L'ÉTHER SULFURIQUE.

Nous extrayons cette formule de l'ouvrage de Tingry, qui donne ce vernis comme propre à réparer les accidents qui arrivent fréquemment aux émaux sur bijoux, en servant de glace aux vernis colorés qu'on emploie pour rétablir les parties éclatées et l'ensemble de la peinture.

« Prenez : Copal ambré. . . . . 5 grammes.
Éther sulfurique pur. . . 2 —

« Introduisez le copal en poudre fine, par petites parties, dans un flacon qui contient l'éther; bouchez le flacon au liége, agitez le mélange pendant une demi-heure, laissez-le en repos jusqu'au lendemain ; si, en secouant alors le flacon, les parois intérieures se couvrent de petites ondes, ou si la liqueur n'est pas très claire, la solution n'est pas complète, et pour l'achever, il faut y ajouter 2 grammes d'éther; agiter, puis après le laisser en repos.

« Le vernis ainsi préparé est d'une légère couleur citrine ; il est tellement siccatif qu'il bouillonne sous le pinceau par l'effet de la trop rapide évaporation de l'éther. On parvient cependant à la retarder en passant sur la pièce à vernir une couche légère d'huile de romarin, de lavande ou même d'essence de térébenthine, qu'on enlève immédiatement avec un linge; le peu qui en reste suffit pour ralentir suffisamment l'évaporation de l'éther et permettre qu'on puisse étendre le vernis. »

II. VERNIS A L'ALCOOL.

Les qualités d'un bon vernis à l'alcool sont d'être incolore, limpide et transparent lorsqu'il est appliqué à la surface des corps, d'y former, quand il est sec, une glace unie, brillante, solide, assez résistante pour ne pas être trop facilement rayée par le frottement des corps durs ; enfin, d'avoir du liant, du corps, et de ne pas s'écailler ni se fendiller par suite des variations de la température et de la complète évaporation de l'excipient qui l'a rendu extensible sur les corps.

La coloration des vernis alcooliques tient aux mêmes causes que celles des autres vernis. Elle dépend du choix des matières composantes, des soins qu'on a apportés pour les monder ou les laver, de la propreté des vases où ils sont préparés, enfin du temps plus ou moins long qu'on a mis pour dissoudre les résines sur le feu.

La dureté des vernis dépend sans doute principalement de la dureté même des résines composantes, mais nous savons déjà que les résines sèches ne suffiraient pas seules pour produire des vernis possédant toutes les qualités que nous venons d'énumérer. C'est pourquoi on leur associe des résines plus molles, plus gluantes et même demi-liquides, en diverses proportions. De là cette foule de formules plus ou moins rationnelles qu'on trouve répandues dans tous les livres, dans tous les ateliers, qu'on dit toutes excellentes, et auxquelles chacun tient.

Si nous recherchons pourquoi chaque artiste, chaque fabricant tient à sa formule, nous ne tarderons pas à nous convaincre qu'ils ont tous des raisons suffisantes pour en agir ainsi, ceux-ci parce qu'ils ont reçu ces formules de leur père, qu'ils en connaissent parfaitement l'emploi et la durée, aussi se gardent-ils d'y rien changer ; les autres, au contraire, poussés par la concurrence, ont dû rechercher les moyens, sinon d'améliorer, au moins de pouvoir vendre leurs produits au même prix, sinon à meilleur marché que leurs confrères.

Il y a donc deux espèces de formules : les unes, invariables parce qu'elles sont bien, qu'on les connaît à l'effet, et que cet effet est suffisant pour le but qu'on se propose; les autres essentiellement variables avec le prix qu'on veut y mettre. Nous ferons connaître les unes et les autres. Cela nous paraît d'autant plus urgent que l'industrie tend et doit toujours tendre à abaisser le prix de ses produits, pour les rendre ainsi toujours de plus en plus accessibles à la masse des consommateurs.

De la solution des matières résineuses dans l'alcool. La solution des résines dans l'alcool s'opérant toujours en raison inverse de la quantité d'eau qu'il contient, et le vernis résultant de cette solution étant toujours d'autant plus brillant et siccatif que l'alcool est plus pur, moins aqueux, on ne doit employer, pour les vernis qui nous occupent, que de l'alcool à 40 degrés, ou tout au moins à 36°, et parfaitement incolore (voyez ALCOOL).

Les matières résineuses qui entrent dans les diverses formules que nous donnerons bientôt se dissolvent dans l'alcool de trois manières : 1° par simple digestion à la température ordinaire ; 2° au bain-marie ; 3° enfin, au feu nu. Nous allons décrire successivement chacune de ces méthodes d'en opérer la dissolution.

Première méthode. *Par digestion.* On renferme l'alcool et les matières résineuses dans une bouteille qu'on a le soin de ne remplir qu'aux trois quarts afin que les vapeurs alcooliques puissent librement circuler, et l'on bouche bien la bouteille pour que l'alcool ne s'affaiblisse pas et ne laisse pas précipiter les parties résineuses qu'il a dissoutes au commencement de l'opération. On place cette bouteille à l'ombre, au soleil ou à l'étuve, on se contente de l'agiter souvent pour renouveler les surfaces et faciliter l'action de l'alcool sur les résines. La disparition complète de la résine indique que le vernis est terminé. Il ne s'agit plus alors que de tirer à clair et de filtrer le liquide obtenu pour lui donner le degré de transparence qu'on recherche dans tous les vernis.

2ᵐᵉ méthode, *au bain-marie.* Lorsqu'on termine les digestions par quelques heures d'exposition au soleil ou dans l'étuve, cette méthode se rapproche un peu de l'usage du bain-marie, et demande comme lui la précaution de renouveler les surfaces pour faciliter la complète dissolution des matières non dissoutes.

Ce deuxième moyen est plus expéditif sans doute que le premier ; mais le calorique ayant toujours pour effet de colorer les résines, les vernis qui en résulteront seront toujours plus fortement teintés que ceux fournis par une simple digestion. Nous avouerons cependant qu'il est certaines résines dont on ne ferait rien en fabrique sans l'emploi de ce moyen; leur solution se ferait trop attendre.

3ᵐᵉ méthode. L'usage du bain-marie, qui fournit le moyen de préparer les vernis beaucoup plus rapidement que la simple digestion, est encore trop lent pour les besoins du fabricant. On lui préfère la troisième méthode, c'est-à-dire *la solution des résines dans l'alcool à feu nu,* bien qu'elle donne des vernis plus colorés encore que la deuxième; mais elle permet d'opérer rapidement, de produire beaucoup en peu de temps. Les vernis sont moins beaux sans doute que par les deux autres procédés, mais ils satisfont aux exigences de la pratique, on fait plus et à moindres frais ; c'est ce qu'il faut.

Digitized by Google

Les vernis à l'alcool ne sont employés que dans les intérieurs pour faire l'office de glace. Ils sont en général brillants et souples, mais ils ont peu de corps et de consistance. Ils conviennent aux objets de toilette, cartons, découpures, étuis, boîtes, et meubles amovibles; mais ils jaunissent bien vite, surtout ceux qui contiennent beaucoup de térébenthine, et, comme ils n'ont pas tous le même degré de solidité, nous en ferons quatre sections : 1° les vernis de résines tendres, 2° les vernis de résines tendres bonifiés, 3° les vernis de copal, 4° les vernis de gomme laque.

Vernis des résines tendres. — Vernis pour découpures, boîtes, étuis, etc., par Tingry.

Prenez :	Alcool à 36 ou 40°. . . .	32 grammes.
	Mastic lavé deux fois. . .	6 —
	Sandaraque —	3 —
	Térébenthine de Venise. .	3 —
	Verre pilé.	4 —

Manière d'opérer au bain-marie. Mélangez le verre pilé au mastic et à la sandaraque préalablement mis en poudre; mettez le tout dans un matras en cuivre étamé à col court, ou dans un ballon en verre d'une contenance double au moins de la quantité de liquide que vous emploierez dans l'opération; ajoutez-y l'alcool, placez ce matras ou ce ballon sur une couronne en paille dans le fond d'un bain-marie, et faites en sorte de l'assujettir solidement pour qu'il ne puisse se déranger ni changer sa position verticale; faites arriver de l'eau tiède dans le bain-marie, peu après remplacez-la par de l'eau bouillante, qui ne doit jamais manquer jusqu'à la fin de l'opération.

Ayez un bâton en bois blanc bien sec, arrondi par un bout et assez long pour que vous puissiez vous en servir à remuer vos matières, afin de renouveler souvent les surfaces à l'action de l'alcool et vaincre l'union que les résines tendent à contracter par l'impression du calorique; au bout de deux heures, la solution des résines étant achevée, ajoutez la térébenthine que vous aurez fait liquéfier à part dans une fiole en la trempant dans l'eau du bain-marie; mêlez bien et laissez encore le matras dans le bain-marie pendant une demi-heure, puis retirez-le et agitez-le de temps en temps, jusqu'à ce que le vernis soit refroidi; vous éviterez ainsi toute précipitation de résine. Le lendemain, soutirez le vernis et filtrez-le au coton.

Tel est le procédé le plus simple au moyen duquel on peut préparer en petit tous les vernis à l'alcool ou à l'essence de térébenthine. Au moyen de l'alambic tel que Tingry l'a modifié en le munissant d'un agitateur, mais qu'on pourrait améliorer encore en se servant de la vapeur à un degré constant, on pourrait sans aucun doute préparer les vernis en grand, et tout à la fois éviter les chances de feu et jusqu'à la moindre déperdition d'alcool.

Vernis de Watin pour objets sujets à des frottements comme meubles, chaises, bois d'éventails, chambranles.

Prenez :	Sandaraque choisie et lavée.	4 parties.
	Mastic. — —	1 —
	Térébenthine claire. . . .	1 —
	Verre pilé.	1 —
	Alcool à 36 ou 40°.	8 —

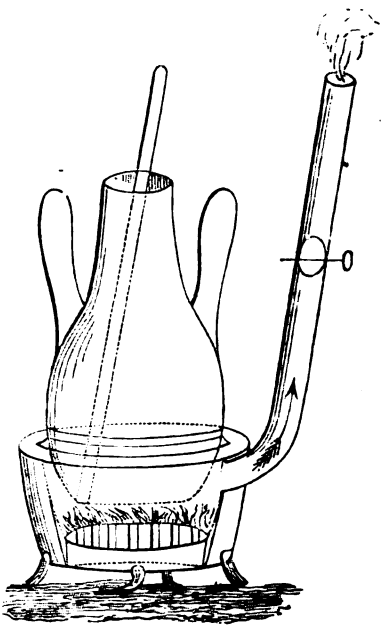
que vous traiterez au bain-marie comme le précédent.

Vernis de Tingry.

Prenez :	Galipot choisi.	3 parties.
	Résine animée. } de chaque. . . .	1 —
	Élemi. . . . . }	
	Verre pilé.	2 —
	Alcool à 36°.	16 —

que vous traiterez également au bain-marie.

Ce dernier vernis peut être employé aux mêmes usages que le premier; cependant il convient mieux aux lambris colorés ou non colorés. Il peut même servir de glace aux parties qui portent une couleur à détrempe forte.



2528.

Vernis du commerce. Sous la réserve des observations que nous avons faites précédemment, nous allons donner les formules des vernis du commerce tels qu'ils se vendent et la manière de les fabriquer en grand.

Ces formules varient de maison à maison; car, en général, le fabricant est tenu à fournir pour le même prix que ses confrères, souvent même d'après le prix que le consommateur veut y mettre. La considération du prix auquel on devra vendre est donc la première à laquelle on doive avoir égard. Il est inutile d'ajouter ici que les formules de la première division de cette section n'auront jamais autant de brillant, ne seront jamais aussi incolores que ces mêmes vernis où l'on aura supprimé une partie des résines sèches pour les remplacer par de la térébenthine; par la raison simple que moins il y a de résine sèche à fondre dans l'alcool, moins le vernis a besoin de rester sur le feu. Avec beaucoup de térébenthine, les vernis sont moins solides, il est vrai, mais on les obtient presque sans couleur, et l'absence de toute coloration, très souvent, est la question capitale pour le marchand comme pour l'acheteur.

Vernis à découpures, à bois de Spa, etc.

Prenez :	Alcool à 40°..	18 litres.
	Sandaraque lavée deux fois.	5 kil.
	Térébenthine suisse. . .	4k,50.

Méthode à feu nu. On met la sandaraque avec les deux tiers de l'esprit de vin dans un matras en cuivre étamé et armé d'un panache; on porte ce matras sur un fourneau en tôle garni de terre en dedans (voir la fig. 2528) où le matras s'emboîte bien, et, au moyen du panache, ne laisse aucun passage à la flamme. Le feu doit être très modéré, plutôt faible que fort, et fait au charbon de bois. On a un bâton en bois blanc bien sec avec lequel on remue continuellement la résine pour éviter qu'elle ne s'attache au fond du matras et ne colore le vernis. Lorsque la teinture alcoolique bout,

Digitized by Google

monte en écume, et tend à sortir du matras, on la refroidit (on l'arrose en terme de fabrique), en y ajoutant un peu de l'esprit-de-vin qu'on a réservé tout exprès pour cela, et on continue à en agir de même chaque fois que le liquide tend à sortir, jusqu'à ce qu'enfin toute la résine soit fondue; alors on tire le matras du feu et l'on y verse immédiatement la térébenthine, que l'on a fait liquéfier à part dans un petit matras de grandeur suffisante; on remue vigoureusement le vernis pendant deux minutes pour bien mélanger la térébenthine : alors on reporte le matras sur le feu, toujours très modéré, et, lorsque le vernis bout, ce qui arrive ordinairement après un quart d'heure, et même moins, selon que la térébenthine était plus ou moins chaude; laissez-le bouillir, mais enlevez-le aussitôt qu'il est couvert de mousse blanche, sans quoi il sortirait, du matras presque plein, une écume qui se repandrait sur le fourneau, et le feu ne manquerait pas de se déclarer dans le matras.

Au sortir du feu, on passe le vernis à travers un tamis posé dans un entonnoir sur une tourie en grès qu'on a eu soin de chauffer un peu pour éviter que la chaleur du vernis ne la fasse éclater, auquel cas il faudrait le transvaser de suite dans un autre, sous peine de tout perdre.

Vernis surfin.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 24 litres.
Sandaraque. . . . . 5 kil.
Térébenthine suisse. . . 7 kil.

que vous traiterez à feu nu comme le précédent.

Vernis n° 1.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 20 lit.
Sandaraque. . . . . 4 kil.
Terebenthine suisse. . . 11 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 2.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 10 lit.
Sandaraque. . . . . 2 kil.
Térébenthine de Bordeaux. 5 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 3.

Prenez : Alcool à 36°. . . . . 8 lit.
Pousse de sandaraque. . 2 kil.
Térébenthine de Bordeaux. 3 kil.
— de Pise. . . 3 kil.

Traitez à feu nu comme les précédents.

Vernis n° 4 *ou à bois.*

Prenez : Arcanson en morceaux. . 11 kil.
Galipot. . . . . 4 kil.
Essence de térébenthine. . 4 kil. 50
Alcool à 36°. . . . . 18 lit.
Pousse de sandaraque. . 1 kil.

Fondez séparément à feu nu, d'une part, l'arcanson et le galipot dans l'essence de térébenthine, et, d'autre part, la pousse de sandaraque dans l'alcool avec les précautions recommandées ci-dessus; puis, réunissez ces deux vernis en versant celui à l'alcool dans celui à l'essence; faites bouillir le tout pour les bien incorporer l'un avec l'autre, et passez au tamis dans une tourie le vernis que vous aurez obtenu.

Vernis de copal par intermede de l'éther (1). Berzelius annonce que si l'on met de la poudre de copal en digestion dans l'éther sulfurique et qu'on chauffe la masse sirupeuse qu'il forme jusqu'à l'ébullition, qu'on la mêle avec de petites quantités d'alcool chaud (d'une densité de 0,82 ou au-dessous), qu'on agite le tout, la résine se dissout en une liqueur limpide que l'on peut ensuite étendre avec de l'alcool autant que l'on veut.

C'est, dit Berzélius, le vernis le plus incolore qu'on puisse préparer, car l'enduit résineux qui reste sur les objets recouverts de ce vernis ne les teinte point sensiblement.

Si, au lieu d'alcool chaud on ajoute à la teinture éthérée de l'alcool froid, ou en grande quantité à la fois, la masse se coagule et ne se dissout plus. (*Berzélius, traduction de M. Esslinger.* Firmin Didot frères, 1831, tome V, page 490.)

Vernis d'oxyde de copal, autrement dit copal soluble, par M. Cazanove (1). Mettez dans une bouteille de l'alcool à 36 ou 40°, remplissez-le à moitié, ajoutez-y de l'oxyde de copal que vous savez y être soluble, la valeur en poids du tiers de l'alcool; bouchez la bouteille avec un liége, laissez digérer à l'ombre pendant cinq ou six jours, en ayant soin chaque jour de l'agiter deux ou trois fois; vous obtiendrez ainsi un bon vernis chargé de résine relativement au degré de l'alcool employé, et que vous pouvez étendre d'alcool si sa consistance est trop épaisse.

Vernis de gomme laque pure. — Vernis incolore pour meubles en bois blancs ou peu colorés, dont on veut relever la teinte naturelle sans la changer.

Prenez : 1 kil. de laque blanchie et récemment préparée;
10 litres d'alcool à 40°;

fondez à feu nu votre laque dans 4 lit. d'alcool, arrosez avec 2 lit., passez votre vernis au tamis dans une tourie, où vous verserez en mélangeant les 4 lit. qui vous restent.

Vernis de gomme-laque pour acajou et autres bois qui ne redoutent pas d'être un peu teintés.

Prenez : 1 kil. de gomme-laque en feuilles, blonde ou brune;
10 lit. d'alcool à 33 ou 40°,

que vous fondez à feu nu, comme nous venons de le dire pour le n° précédent.

Vernis de gomme-laque coloré en rouge pour acajou et autres bois.

Prenez : 5 kil. de gomme laque brune;
3 kil. de santal rouge effilé ou en poudre;
50 lit. d'alcool à 36 ou 40°.

Il y a deux manières de faire ce vernis :

Première manière. Mettez la gomme et le santal en poudre dans un matras avec 20 lit. d'alcool, que vous porterez sur le feu; vous arroserez avec 13 lit., puis, après la dissolution de la gomme, vous verserez le vernis sur un tamis serré qui retiendra le santal.

Mais ce moyen est embarrassant, surtout si l'on a employé le santal en poudre. Le vernis ne passe pas facilement à travers le tamis, qui doit être serré précisément pour ne pas livrer passage au bois, et pour en bien opérer la séparation d'avec le vernis auquel il se trouve mélangé.

Deuxième manière. Il est donc préférable de préparer à part et à l'avance une teinture de 3 kil. de santal dans 10 lit. d'alcool, de tirer cette teinture à clair, et de s'en servir pour colorer les vernis qu'on aura préparés avec 40 lit. seulement d'alcool.

Autre vernis de gomme-laque pour meubles. Dissolvez de la gomme-laque dans le double de son poids d'alcool.

Melez deux parties de ce vernis à une partie d'huile

(1) Nous n'avons pas expérimenté ce vernis. M. Guibourt révoque en doute que Berzelius l'ait jamais exécuté avec le copal dur.

(1) Nous prévenons le lecteur que M. Casanove a pris pour ce vernis un brevet d'invention, sous date du 20 juin 1839, et que nous ignorons si le brevet est perime aujourd'hui ou s'il est encore en vigueur.

Digitized by Google

d'olives, étendez ce mélange sur le bois, et frottez dans le sens des fibres; laissez sécher, puis recommencez jusqu'à trois et quatre fois, jusqu'au résultat désiré.

On lustre ce vernis avec du tripoli mélangé d'huile d'olives, et on achève avec un morceau de peau de daim.

Ce vernis brunit le bois, mais il ne se gerce jamais.

Remarques sur les vernis de gomme-laque pure. Ces vernis sont, sans contredit, les plus solides des vernis à l'alcool; mais ils ne sont brillants qu'autant qu'ils sont polis. De plus, ils sont sujets à se gercer, surtout si on les fait trop corsés. Il est vrai qu'on peut obvier à cet inconvénient en ajoutant un peu d'huile (1) sur le tampon dont on se sert pour les appliquer; mais l'huile brunit le bois. C'est pourquoi nous préférons les vernis moins riches en résine; ils ne présentent pas les mêmes inconvénients. Il faut sans doute plus d'une couche pour obtenir le lustre qu'on exige sur les meubles vernis, mais cette multiplicité de couches fait justement que la gomme est mieux répartie et sans aucune épaisseur, ce qui assure la durée du vernissage et l'empêche de se gercer.

Vernis composés de gomme-laque et d'autres résines. Les vernis de cette division sont brillants par eux-mêmes, qualité que ne possèdent pas les vernis de gomme-laque pure de la première division, qui exigent le polissage pour faire l'office de glace sur les surfaces qui en sont recouvertes. Ils ne sont pas aussi solides que ceux de la division précédente, précisément encore par suite de l'adjonction des résines plus tendres que comporte leur composition; mais comme sous le rapport de la solidité ils sont infiniment supérieurs à ceux que nous avons décrit jusqu'ici, nous estimons qu'ils doivent leur être préférés, toutes les fois surtout qu'il s'agira de meubles sujets à des frottements journaliers ou à recevoir fréquemment le choc de corps durs.

Vernis incolore de gomme-laque brillant, par Berzélius.

Prenez : 6 à 8 parties de laque blanchie nouvellement,
3 à 4 parties de sandaraque mondée et lavée,
1 p. de térébenthine de Venise,
1 p. de verre pilé,
60 p. d'alcool à 40°.

Ou bien : 8 p. de sandaraque mondée et lavée,
4 p. de mastic mondé et lavé,
80 p. d'alcool à 40°,

que vous traiterez au bain-marie.

Vernis presque incolore et à l'abri des gerçures.

Prenez :	Laque blanchie nouvellement.	10 parties.
	Sandaraque mondée et lavée.	4 —
	Élémi bien choisi. . . .	3 —
	Verre pilé.	10 —
	Alcool à 40°.	50 —

au bain-marie.

Vernis plus coloré que les précédents, par Watin, et réformé par Tingry.

Prenez :	Sandaraque.	3 parties.
	Laque plate.	1 —
	Colophane ou arcanson. . .	2 —
	Verre pilé.	2 —
	Alcool 36°.	16 —

au bain-marie.

Lorsque l'on veut vernir les meubles en rouge, dit Watin, on y met plus de gomme-laque et moins de sandaraque; on y ajoute aussi du sang-dragon.

(1) Les ébénistes ont l'habitude de se servir d'huile de lin sur le tampon. Nous préférons l'huile d'œillette, qui jaunit moins; l'huile d'olives vaudrait mieux encore.

Watin prescrit 3 parties de térébenthine, parce que, dit-il, il faut obtenir un vernis plus corsé, afin que deux couches tiennent lieu de 4 ou 5 d'un autre vernis.

Ce vernis est assez solide pour être employé sur des objets d'un usage journalier.

Vernis pour violons et autres instruments, par Watin.

Prenez :	Sandaraque.	4 parties.
	Laque en grains.	2 —
	Mastic en larmes.	2 —
	Élémi.	1 —
	Verre pilé.	1 —
	Térébenthine de Venise. . .	2 —
	Alcool.	32 —

que vous traiterez au bain-marie.

Tingry prescrit seulement 1 partie de mastic, et remplace l'élémi par le benjoin. Nous préférons la recette de Watin; le vernis qui en résulte a plus de liant, et il est plus solide pour résister aux frottements auxquels sont exposés les instruments fréquemment maniés.

Si l'on voulait colorer ce vernis, on y arriverait avec un peu de sang-dragon, de safran, etc.

Vernis à l'or, ou vernis d'or des Anglais, publié par Molard aîné.

Prenez : 9 lit. d'alcool à 40 degrés,
680 grammes de gomme laque bouillie à l'eau et lavée, en poudre,
320 grammes de verre pilé.

Vous mettrez le tout dans une bouteille pleine aux trois quarts au plus, et bien bouchée, au soleil ou dans l'étuve, vous agiterez fréquemment jusqu'à l'entière dissolution de la gomme.

Colorez au degré convenable avec rocou ou gomme gutte.

On garde ce vernis dans des bouteilles de grès.

Pour appliquer ce vernis sur des pièces d'ornement en cuivre ou en laiton, on fait chauffer légèrement ces pièces, et on les trempe dans le vernis; ou en applique ainsi deux ou trois couches s'il le faut.

Ce vernis est très solide; on le nettoie avec de l'eau et un linge sec.

Vernis à l'or, de Tingry, du même genre que le précédent, pour donner une teinte d'or aux ouvrages en laiton, et qui s'emploie absolument de la même manière.

Prenez :	Gomme laque en grains. . .	3 parties.
	Ambre jaune ou copal, porphyrisé.	1 —
	Sang dragon.	1/50 —
	Extrait de santal obtenu par l'eau.	1/40 —
	Safran oriental.	1/30 —
	Verre en poudre.	2 —
	Alcool à 40 degrés. . . .	20 —

Par simple digestion ou au bain-marie.

Vernis propre à changer la couleur des corps sur lesquels on l'applique et qu'on emploie avec succès sur les instruments de physique, les garnitures estampées ou moulées dont on décore les meubles, etc., par Tingry.

Prenez :	Gomme-gutte.	2 parties.
	Sandaraque et élémi, de chaque.	6 —
	Sang-dragon.	3 —
	Gomme laque en grains. . .	0 —
	Terre mérite (*curcuma*). . .	2 —
	Safran oriental.	1/16 —
	Verre pilé.	0 —
	Alcool à 40 degrés.	60 —

On fait d'abord une teinture du safran et de la terre mérite en les exposant au soleil et à l'étuve pendant 24 heures. On passe la teinture dans un linge propre

Digitized by Google

qu'on exprime fortement, on verse cette teinture sur les autres résines pulvérisées et mélangées au verre en poudre, et l'on procède au bain-marie à leur solution.

Le sang-dragon de première qualité pourrait y apporter une couleur trop forte.

C'est avec un vernis de ce genre que quelques artistes procurent aux petits clous qui servent à garnir les faux étuis de montre une couleur d'or orangé ; mais ils tiennent leur procédé secret.

Il est facile de procurer au laiton cette couleur au moyen d'une sauce dont la composition ne tient pas à celle du vernis, et qu'on peut imiter au moyen de l'orpiment (sulfure rouge d'arsenic) mélangé à certains sels. Lorsque les clous colorés avec cette sauce sont secs, on les fait chauffer et on les trempe dans le vernis ci-dessus.

Vernis pour carreaux d'appartement, connu sous divers noms, tels que siccatif brillant, chromo-durophane, etc.

Prenez et fondez à part :

Gomme laque.	160	parties.
Cire jaune.	1	—
Alcool à 36 degrés. . . .	640	—

dont vous aurez réservé 1/3 pour arroser.

D'autre part, vous aurez fait fondre dans un matras :

Galipot.	112	parties.
Arcanson.	112	—
Avec essence de térébenthine.	144	—

Réunissez dans ce dernier la solution alcoolique ci-dessus avec les précautions indiquées pour le vernis à bois. Le mélange bien opéré, passez le vernis au tamis et colorez-le :

En rouge avec le rouge de Prusse,
En jaune avec l'ocre de rhue,
En couleur de noyer avec la terre d'ombre,
en quantité suffisante.

Ces couleurs doivent être finement broyées, et surtout bien sèches d'eau, sans quoi le vernis serait décomposé.

III. VERNIS A L'ESSENCE.

Les vernis à l'essence comportent presque les mêmes résines et les mêmes matières colorantes que les vernis à l'alcool. Il est bon de remarquer, toutefois, que les vernis à l'essence, à égalité de composition, fourniront toujours une couche plus molle et moins siccative qu'elle ne le serait si l'alcool ou l'éther servaient d'excipient aux matières résineuses qu'elle contient, par la raison déjà donnée que l'alcool et l'éther, s'évaporant en entier, laissent les résines dans leur état naturel ; tandis que l'essence non complétement vaporisable laisse la pellicule de vernis composée non seulement des matières résineuses employées, mais en outre d'une certaine quantité d'essence grasse, laquelle les modifie, les rend plus ou moins molles, les empêche de reprendre leur consistance naturelle pendant un espace de temps plus ou moins long. Ceci nous explique pourquoi les vernis à l'essence sont moins siccatifs, plus mous que ceux à l'alcool, et aussi pourquoi ils sont moins faciles à se gercer, plus faciles à polir, et plus durables que ces derniers.

Les tableaux demandent plus particulièrement le vernis à l'essence, précisément parce que la toile sur laquelle ils sont peints, en raison de son peu d'épaisseur, étant extrêmement sensible aux variations de la température, un vernis trop rigide s'y casserait, s'y gercerait, ou s'y fendillerait trop facilement, masquerait bientôt la peinture qu'il doit faire valoir, et la laisserait trop vite exposée sans défense aux atteintes des gaz ou autres corps en état de l'attaquer.

Vernis pour les tableaux de prix, par Tingry.

Prenez : Mastic mondé et lavé . . .	24	parties.
Térébenthine de Venise pure.	3	—
Camphre pulvérisé. . . .	1	partie.
Verre blanc pilé.	10	—
Essence de térébenth. distillée.	72	—

Mettez le mastic en poudre fine, mélangez cette poudre avec le camphre et le verre ; jetez le tout dans un matras à col court et versez l'essence. Ayez un bâton de bois blanc bien sec proportionné à la hauteur du matras, afin que vous puissiez vous en servir pour agiter les matières. Exposez le matras dans une cuvette remplie d'eau tiède d'abord, qu'ensuite vous entretiendrez bouillante jusqu'à la complète dissolution des résines. Quand la solution des résines est achevée, on ajoute la térébenthine liquéfiée, on mélange, puis on laisse encore le matras dans l'eau bouillante pendant une demi-heure, on le retire, on continue d'agiter le vernis de temps en temps jusqu'à son entier refroidissement ; le lendemain, on le soutire, on le filtre au coton, et on le renferme pour l'usage. C'est, on le voit, le même procédé que pour les préparations des vernis alcooliques au bain-marie.

Remarques. Si le vernis est destiné à des tableaux anciens ou qui ont déjà été vernis, et qu'il ne s'agit que de revernir, on peut supprimer la térébenthine, que nous ne recommandons ici que pour le cas de première application sur des tableaux qui n'ont pas encore atteint le degré de dessiccation convenable.

L'essence de térébenthine distillée prescrite pour ce vernis est celle qui a été distillée avec lenteur et sans intermède.

Autre vernis à tableaux moins coloré que le précédent, plus souple, et que nous lui croyons préférable. Prenez : dammar friable (copal tendre), le plus blanc, le plus diaphane, le mieux mondé et le mieux lavé possible, la quantité que vous voudrez, mais proportionnée à la capacité du vase ou vous devez en opérer la dissolution, dans le double de son poids d'essence de térébenthine, pure, nouvellement distillée, sans aucune couleur, et bien limpide.

Si vous voulez obtenir un vernis très souple, vous ajouterez au mélange ci-dessus 30 à 40 grammes de camphre par kilogramme de résine employée.

Le voulez-vous plus simple encore ? ajoutez 30 ou 40 grammes de camphre par kilogramme d'essence employée.

Le vernis peut se faire de deux manières : *à froid* ou *à chaud*.

A froid. Il suffit de mettre la résine, le camphre et l'essence dans une bouteille ou ballon, bien bouché au liége, mais qui ne soit plein qu'aux trois quarts, de l'agiter de temps en temps et de l'exposer à l'ombre, au soleil ou à l'étuve jusqu'à la complète disparition de la résine dans l'essence. Tirez à clair et filtrez le vernis au coton.

Ou bien. Mettez une certaine quantité de résine en poudre dans un mortier en verre, ajoutez-y peu à peu, en triturant, de l'essence, jusqu'à ce que la plus grande partie de la résine soit dissoute. Versez alors cette dose dans un matras de verre ; faites-en une seconde, une troisième, jusqu'à ce que vous ayez employé toute votre résine et votre essence, ajoutez le camphre, bouchez le matras. Quelques jours de digestion, aidée d'une agitation deux ou trois fois répétée par vingt-quatre heures, vous fourniront un vernis parfait, absolument sans couleur, diaphane comme de l'eau alors qu'il sera bien reposé et clarifié, si vous avez employé une résine bien transparente et une essence parfaitement pure et exempte de toute coloration.

Si, cependant, le vernis ainsi obtenu était un peu louche, il suffirait d'exposer le matras débouché, qui le contient, pendant une heure dans un bain-marie d'eau bouillante ; puis, de retirer le matras de l'eau et de le laisser débouché jusqu'à l'entier refroidissement du vernis, pour lui donner toute la limpidité désirable.

Digitized by Google

A chaud (au bain-marie ou à feu nu, c'est la même manœuvre). On met la résine, le camphre et l'essence dans un matras de cuivre étamé sur un feu modéré. On ne cesse de remuer avec un bâton de bois blanc bien sec les matières solides, jusqu'à leur entière dissolution dans l'essence; alors que la résine est tout à fait fondue, on laisse faire quelques bouillons, puis on verse le vernis à travers un tamis dans une tourie en grès, qu'on a grand soin de ne pas remplir tout à fait et de laisser debouchée jusqu'à ce que le vernis soit bien refroidi. Ainsi le vernis se clarifiera parfaitement, et il n'aura guère plus de couleur que s'il avait été fait à froid, pourvu que vous n'ayez pas laissé votre vernis trop longtemps sur le feu, car c'est là l'essentiel; ni trop ni trop peu: trop longtemps sur le feu, le vernis se colore; trop peu, il se clarifie difficilement. Il y a là un point qu'il faut savoir saisir.

Si l'on bouchait la tourie immédiatement après y avoir versé le vernis chaud, on n'obtiendrait qu'un vernis louche qui, refroidi et mis dans une fiole en verre blanc, y paraîtrait comme laiteux. Ce vernis louche, étendu et séché en couche mince sur un tableau, n'en serait pas moins tout à fait transparent; mais bien des peintres refuseraient de s'en servir, et, au fond, ils n'auraient pas tort, car ce vernis doit cette loucheur à une petite quantité d'eau qui ne peut que nuire à la couche résineuse desséchée, en la rendant moins solidement et moins uniformément adhérente aux surfaces qu'elle recouvre.

Il nous reste une dernière remarque à faire sur les vernis à tableaux, laquelle s'applique d'ailleurs à tous les vernis d'essence; c'est qu'ils ont l'avantage de s'améliorer avec le temps, tandis que les vernis alcooliques perdent toute leur qualité lorsqu'ils gagnent de l'âge. Le vernis à l'essence doit être tenu à la cave dans des touries ou bouteilles en grès bien bouchées. Les résines et l'essence contractent une union de jour en jour plus intime, et le vernis devient d'un emploi plus économique, et le résultat qu'on en obtient plus avantageux. Un vernis de six mois fournira une couche plus épaisse, plus luisante, plus garantissante pour la peinture, qu'un vernis récemment préparé, surtout si on l'applique sur une peinture neuve et qui n'a point encore été vernie, parce que dans un vernis récent l'essence abandonne la résine pour se combiner à la peinture; cet effet n'a pas lieu dans un vernis ancien. C'est pourquoi ce dernier est plus solide, plus résistant; car, ne l'oublions pas, la solidité, dans les vernis à l'essence, résulte uniquement de la plus ou moins grande quantité d'essence non vaporisée, d'essence grasse, comme on l'appelle vulgairement, qu'ils contiennent après leur complète dessiccation.

Vernis à tableaux du commerce. On trouve dans le commerce, sous le nom de vernis à tableaux, une simple dissolution à chaud de térébenthine dans l'essence; on en fait trois numéros :

Le surfin se compose de :

Térébenthine de Venise.	3 kil.
qu'on fait fondre dans l'essence de térébenthine.	8 lit.

et qu'on tient sur le feu jusqu'à ce que le vernis refroidi y reste limpide.

On réussirait à faire un vernis beaucoup moins coloré si, aussitôt que la térébenthine est dissoute dans l'essence, on le versait bouillant dans une tourie bien emballée, et si on l'y laissait se refroidir sans la boucher, comme nous venons de le dire pour le vernis de copal tendre.

Le n° 1 se compose de :

Térébenthine de Venise. . .	3k,50
— de Suisse. . .	3k,50
Essence de térébenthine. . .	20 lit.

Le n° 2 se compose de :

Térébenthine suisse. . . .	7k,50
Essence de térébenthine. . .	20 lit.

Il est inutile d'ajouter que l'essence de térébenthine doit être choisie bien limpide et sans couleur.

Vernis copal d'intérieur.

Mettez dans un matras étamé : résine, dammar friable telle qu'elle est, après en avoir ôté les plus beaux morceaux pour en composer le vernis au copal décrit plus haut.	6k
Essence de térébenthine récente blanche et limpide.	10k

faites fondre à feu nu, et agissez absolument comme pour le premier, si vous voulez obtenir un vernis peu coloré, ou laissez la dissolution sur le feu jusqu'à ce qu'un échantillon, brusquement refroidi dans une fiole en verre blanc, conserve toute la limpidité dont il jouit dans le matras d'où vous l'avez extrait bouillant. Cette seconde méthode vous fournira un vernis bien plus foncé en couleur que par la première, mais dont on pourra néanmoins se servir sur les blancs purs et les blancs veinés, qu'il ne teintera pas du tout.

Ce vernis d'intérieur demande à être un peu plus coloré que le vernis à tableaux, c'est pourquoi on y fait entrer plus de résine et moins d'essence.

Si l'on destinait ce vernis pour des tapisseries en papier peint, nous conseillerions d'y faire entrer un peu de camphre; le vernis sécherait un peu moins rapidement, mais y gagnerait une grande souplesse, et deviendrait ainsi moins sujet à se casser.

Vernis pour broyer les couleurs, par Tingry.

Prenez : Galipot choisi en larmes. . .	2 parties.
Mastic en larmes.	1 —
Térébenthine de Venise. . .	3 —
Verre pilé.	2 —
Essence de térébenthine. . .	16 —

fondez à feu nu.

Lorsque le vernis est fait avec les précautions indiquées, ajoutez :

Huile de noix ou de lin préparée. . .	1 partie.

Ce vernis, dit Tingry, est à peu près semblable à celui de Hollande; les couleurs broyées avec se sèchent moins vite; on les détrempe ensuite avec le vernis suivant, si c'est pour une peinture ordinaire.

Autre vernis propre à détremper les couleurs connu dans le commerce sous le nom de vernis de Hollande.

Prenez : Galipot en larmes récent. .	1 kil.
Essence de térébenthine. .	1k,50 à 2k,25

Faites fondre le galipot seul dans une chaudière en cuivre ou en fer; lorsqu'il sera bien fondu et bien transparent sur une vitre que vous y tremperez, ajoutez-y peu à peu et en mélangeant la qualité d'essence que vous jugerez convenable (1k,50 à 2k,25). Assurez-vous alors si le vernis est bien limpide sur la vitre, alors passez-le au tamis, laissez le refroidir à l'air, puis renfermez-le dans un vase que vous boucherez exactement.

Vernis au vert, dit aussi gros quillot. Fondez 2 kil. d'arcanson purifié dans une chaudière. Lorsque la résine est fondue entièrement, on y ajoute peu à peu, en mélangeant 2 à 3 kil. d'essence de térébenthine. On fait refroidir un peu de ce vernis sur une vitre pour voir s'il se maintient alors bien limpide; puis on le passe au tamis dans un vase qu'on ne bouchera cependant qu'après que le vernis sera refroidi.

Quelques fabricants fondent ensemble 4 kil. d'arcanson, 2 kil. de galipot; lorsque le tout est liquide, ils ajoutent 3 kil. d'essence.

Le vernis résultant est plus liant que celui fait à l'ar-

Digitized by Google

causon pur ; mais il est trop corsé, c'est presque ce qui se vend sous le nom de térébenthine de Pise.

Vernis couleur d'or, par Tingry.

Prenez :	Résine-laque en grains. . .	64 gram.
	Sandaraque.	64 —
	Sang-dragon.	8 —
	Terre-mérite.	1 —
	Gomme-gutte.	1 —
	Verre pilé.	96 —
	Térébenthine claire. . . .	32 —
	Essence de térébenthine. . .	512 —

On tire par infusion la teinture des matières colorantes ; on filtre, on ajoute ensuite les résines qu'on fait fondre, enfin la térébenthine. On passe au tamis et on renferme pour l'usage.

Ce vernis, dit Tingry, communique aux métaux, aux boiseries ou aux meubles, un vif éclat. Il est moins siccatif sans doute qu'à l'alcool, mais il est plus souple, il convient mieux pour les paillons ou clinquants avec lesquels on prépare les aventurines ; de plus, il convient aux cuirs dorés, aux cartons en papier mâché, etc.

La meilleure manière d'en varier la teinte, c'est de faire infuser à part chacune des substances colorantes ; 1 partie, par exemple, dans 8 parties d'essence ; après quinze jours d'exposition au soleil ou à l'étuve, de les tirer à clair et de les mélanger ensuite jusqu'à ce qu'on ait obtenu le ton désiré ; et, dans ce mélange, de faire fondre les résines, puis la térébenthine selon que l'art le prescrit.

Vernis désigné sous le nom de mordant, par Tingry.

Prenez :	Mastic.	4 gram.
	Sandaraque.	4 —
	Gomme-gutte.	2 —
	Térébenthine.	1 —
	Essence de térébenthine. .	24 —

Quelques artistes remplacent la térébenthine par l'essence de lavande (4 grammes), qui rend encore la composition moins siccative.

Ce mordant s'emploie pour appliquer l'or, et en même temps pour faire ressortir le dessin sous la feuille métallique. Il convient qu'il ne sèche pas avant que l'artiste n'ait achevé de jeter son dessin.

Vernis de copal pur à l'essence, dit vernis à retoucher.

Prenez : 4 kil. 1/2 de copal dur ou d'Afrique ;
7 à 10 kil. d'essence de térébenthine ;

faites fondre à feu vif et à nu la résine dans un matras de cuivre. Lorsqu'elle est bien fondue et bien filante, en mousse, au bout de la spatule qui vous a servi pour agiter votre résine et l'empêcher de s'attacher au fond du matras pendant sa fusion, versez-y peu à peu, en mélangeant, 2 kil. d'essence froide, ou chaude, ce qui vaudrait encore mieux. Lorsque la résine fondue et l'essence sont bien incorporées, et que le mélange est bien limpide sur la vitre, ajoutez-y encore, toujours peu à peu et en mélangeant, 2 autres kil. d'essence ; et si votre mélange continue d'être limpide sur le verre, ajoutez-y encore, toujours peu à peu et en agitant, 2 autres kil. d'essence, et continuez jusqu'à ce que vous ayez incorporé toute votre essence, à moins que vous ne vous aperceviez qu'il serait trop peu corsé en la versant tout entière dans le vernis ; retirez alors le matras du feu et passez la dose au tamis dans un refroidissoir.

Vernis de copal par intermède d'huile de lavande, par Tingry.

Prenez :	Copal en poudre.	0k,100
	Huile de lavande.	0k,200
	Huile de térébenthine. . . .	0k,600

Chauffez l'huile de lavande sur un bain de sable, ajoutez, en plusieurs fois, la poudre de copal dans l'huile très chaude, et n'en ajoutez que lorsque la portion, mise précédemment, aura entièrement disparu dans le liquide que vous aurez soin de maintenir dans un état continuel de rotation ; alors que tout le copal y sera fondu, versez-y, en trois reprises, l'essence de térébenthine presque bouillante en ayant la précaution de bien mélanger, et vous obtiendrez un vernis couleur d'or très solide, mais ne séchant pas très vite.

L'huile de lavande qui rend le copal soluble dans l'essence, le rend également soluble dans l'alcool. Il suffit, pour s'en convaincre, dit Tingry, de faire chauffer fortement de l'huile de lavande dans une cuillère à soupe ; lorsqu'elle est presque bouillante, d'y ajouter du copal en poudre, de faciliter le mélange avec une paille, d'ajouter encore du copal lorsque le premier a disparu, et de continuer ainsi les additions successives jusqu'à ce que l'huile refuse de s'en charger ; de jeter alors la solution dans une fiole qui contient de l'alcool bouillant, d'agiter le mélange en le tenant toujours au même degré de température, l'alcool ne tarde pas à s'emparer des deux substances, mais il faut un alcool pur.

Vernis de copal par intermède d'huile de lavande et de camphre, par Tingry.

Prenez :	Copal en poudre.	30 gram.
	Essence de lavande. . . .	180 —
	Camphre.	4 —
	Essence de térébenthine, quantité suffisante pour mettre le vernis à bonne consistance.	

Projetez le copal par petites portions dans l'huile de lavande et le camphre bouillants ; renouvelez vos projections au fur et à mesure que la précédente a disparu. On favorise cette solution au moyen d'un bâton qui sert à agiter. Lorsque tout le copal est incorporé, on ajoute l'essence bouillante en prenant soin de n'en mettre que très peu à la fois, surtout en commençant.

Ce vernis est peu coloré et le repos lui donne une transparence qui coïncide parfaitement avec la solidité qu'on reconnaît à tous les vernis de copal.

Ce vernis est destiné aux objets qui exigent la solidité, la souplesse et la transparence, telles que les toiles métalliques qu'on substitue aux vitres dans les vaisseaux.

Vernis de goudron donné comme vernis chinois, par X..., (Extrait du *Journal des Connaissances usuelles*, tome Ier, page 106). Prenez du goudron pur, faites-le cuire pendant deux ou trois jours dans un pot étroit par le haut, jusqu'à ce qu'il se convertisse en une masse noire qui ne s'attache plus aux mains.

Mettez alors cette masse dans un matras, sur un feu assez fort, en y versant peu à peu de l'essence de térébenthine ; s'il prend feu, on l'éteint avec un feutre. Continuez vos additions d'essence jusqu'à ce que cette composition prenne une consistance fluide et bien homogène.

Les objets à vernir doivent être faits en bois sec et séchés encore après le plus possible.

IV. VERNIS GRAS.

Observations générales. Si l'on venait à reconnaître, ce qui est peu probable, et ce qui n'est pas encore démontré, que l'oxyde de copal soluble dans l'alcool l'est également dans l'essence et les huiles fixes ; qu'il peut fournir avec ces véhicules des vernis d'une conservation aussi facile en nature, aussi éclatants, aussi durables, mais plus beaux et moins colorés que ceux que nous savons préparer maintenant avec cette résine, au moyen d'un procédé aussi ancien que l'art de faire les vernis, car il remonte au-delà du douzième siècle ; nous prévoyons que de grands changements auraient lieu dans la fabrication en général, surtout à l'endroit du vernis

Digitized by Google

gras qu'on pourrait alors faire, comme les vernis à l'alcool ou à l'essence, au moyen de simples digestions, soit à froid, soit à chaud, de l'oxyde de copal dans un mélange convenable d'huile siccative et d'essence de térébenthine. Le vernis résultant aurait, sans aucun doute, des qualités toutes différentes de celles que possède le vernis tel qu'il se fait maintenant, où la résine, en raison du feu violent auquel elle est soumise, se trouve toujours plus ou moins altérée, et, dans tous les cas, autrement altérée qu'elle ne le serait par l'exposition à l'air libre, à laquelle on la soumettrait pour l'oxyder.

Les vernis gras tels que nous savons les préparer, en raison même de la nature peu vaporisable du véhicule huileux qui sert à leur confection, et qui entre pour une quantité fort appréciable dans la pellicule desséchée qu'ils fournissent, sont de tous les vernis les moins siccatifs, mais les plus solides; aussi les destine-t-on à tous les usages auxquels les vernis à l'alcool et à l'essence ne pourraient être employés à cause de la trop faible résistance qu'ils opposent à l'action de la lumière et de la chaleur solaires, et des intempéries de l'air extérieur. Les devantures de magasin, les portes, les fenêtres de nos habitations, les équipages de luxe, les voitures de fatigue réclament spécialement ce genre de vernis. Ce n'est pas cependant qu'on ne puisse les employer avec avantage dans les intérieurs, il s'en faut bien; ceux qui veulent faire des peintures solides, faciles à laver, peuvent s'en servir avec confiance sur tous les fonds autres que les blancs purs ou les blancs veinés, pour lesquels il faut nécessairement des vernis à l'alcool ou à l'essence, mais sur tous les fonds colorés et qui n'ont rien à craindre d'une teinte un peu plus foncée; nous le répétons, les vernis gras doivent être préférés parce qu'ils sont plus solides, et qu'après tout on peut les faire tout aussi siccatifs que ceux des deuxième et troisième genres.

Le vernis gras est encore exclusivement réservé pour les objets en tôle, en fer-blanc, en cuivre ou en laiton, tels que les soucoupes, les plateaux de cabaret, les lampes; enfin tous les ustensiles destinés à des usages habituels, à des frottements souvent répétés.

Substances qui entrent dans la composition des vernis gras. Le succin ou karabé, et les différentes espèces de copal dur, demi-dur et tendre, telles sont les seules substances résineuses, solides, qui, avec l'huile de lin et l'essence de térébenthine, entrent dans la composition des vernis gras.

La grande résistance que le copal dur et le copal demi-dur opposent au feu, pour entrer en fusion et devenir en cet état miscibles à l'huile et à l'essence, a dû faire recourir, pour les transformer en vernis, à un procédé bien différent de celui qu'on emploie pour préparer les vernis des deuxième et troisième genres, où les résines, plus tendres, sont solubles dans les véhicules, à une basse température; une simple digestion suffirait même pour en opérer la dissolution, comme nous l'avons indiqué précédemment. Ici, au contraire, on commence par fondre les résines à feu nu, et alors seulement qu'elles sont arrivées à leur point de fusion et de chaleur nécessaires, on y incorpore l'huile chauffée de 150 à 200 degrés, puis enfin l'essence; le tout avec les précautions que nous indiquerons par la suite.

Ce n'est pas cependant qu'on ne puisse fondre le copal dans l'huile bouillante, car il entre en fusion à la température de 316° centigrades. Pour achever le vernis et le mettre à bonne consistance, il ne s'agit plus que d'y ajouter une certaine quantité d'essence suffisante. Mais le vernis résultant de cette méthode, où l'huile est toujours plus ou moins brûlée, étant plus coloré et surtout moins siccatif que par la première méthode, elle est généralement abandonnée.

L'art du vernisseur ne consiste donc pas seulement à mélanger intimement des molécules résineuses quelconques dans un liquide approprié, et à obtenir ainsi un mélange permanent; il consiste, en outre, à obtenir le mélange le moins coloré et le plus siccatif, en conservant aux matières composantes leurs propriétés naturelles, ou du moins en leur faisant subir le moins d'altération qu'on le peut. Or, comme le feu, si léger qu'il soit, dénature toujours les résines (ce qui explique pourquoi les vernis faits par simple digestion sont toujours moins colorés, toutes choses égales d'ailleurs, que ceux qui ont passé sur le feu), et qu'il peut les dénaturer, si l'on n'y prend garde, jusqu'au point de les transformer en une espèce de matière goudronneuse, qui ne reprendrait plus sa solidité si on les y laissait trop longtemps exposées, surtout au feu violent qui convient aux résines dures, il importe de ne jamais perdre de vue les prescriptions suivantes, *si, avec une résine donnée, on veut obtenir le vernis le plus siccatif et le moins coloré possible.*

Il ne faut jamais présenter ensemble à la fusion un mélange de résines inégalement fusibles. Ainsi le succin étant plus résistant au feu que le copal dur, celui-ci étant plus rebelle au feu que le copal demi-dur, et le copal demi-dur plus difficile à entrer en fusion que la résine de dammar friable (copal tendre), chacune de ces résines doit être traitée à part (1).

Il faut bien choisir ses résines pour que chaque dose soit composée de morceaux tous également fusibles, sans quoi il arriverait que les morceaux les plus fusibles seraient brûlés, décomposés plus ou moins, avant que les autres ne fussent entrés en fusion, et le vernis résultant d'un pareil mélange serait beaucoup plus coloré et moins siccatif que si l'on avait eu la précaution de bien assortir les morceaux sous le rapport de la fusibilité.

Malgré toutes les précautions qu'on aurait prises lors de la séparation du copal fusible de celui qui l'est moins, il peut se faire pourtant que les deux espèces se trouvent encore mélangées dans une certaine proportion, et que, par suite, on rencontre des doses où la plus grande partie de la résine sera fondue et bien coulante au bout de la spatule, tandis que cette même spatule dénotera qu'une quantité plus ou moins considérable de résine existe encore solide au fond du matras où se fait l'opération; or, comme entre deux maux il faut choisir le moindre, au lieu de brûler la plus grande partie de votre résine pour laisser à la plus petite le temps de fondre; au lieu d'attendre que le tout soit fondu et liquéfié, incorporez votre huile avec la partie fondue aussitôt qu'elle vous aura paru en état de s'y mélanger; puis, ajoutez votre essence, agissez enfin comme si toute la dose de résine avait été bien fondue, passez au tamis, et tous les morceaux de copal non fondus que vous y trouverez, mettez-les à part, pour, à la fin de la journée, les refondre tous ensemble, et en faire un vernis plus coloré, sans doute, mais d'aussi bonne qualité que l'autre (2).

Lorsque le copal fondu est bien coulant, en mousse, au bout de la spatule, on y verse l'huile chaude, mais non bouillante, on mêle fortement pour bien incorporer l'huile à la résine, et avec la spatule, qu'on en retire vivement, on en porte un échantillon sur une vitre qu'on tient à la main; si le mélange d'huile et de ré-

(1) Mais rien n'empêche de mélanger, alors qu'ils sont faits, les vernis qui résultent de chacune d'elles, en telles proportions qu'on le juge convenable, soit pour améliorer la qualité des uns ou abaisser le prix des autres.

(2) L'huile et l'essence que retiennent ces morceaux, après leur séparation du vernis par le moyen du tamis, brûleront alors qu'on fondra ces morceaux, et seront charbonnées longtemps avant que la résine soit assez fluide pour pouvoir se mêler à l'huile; de là résultera un vernis plus coloré, mais aussi bon que l'autre, car ici ce n'est pas la résine qui est brûlée.

Digitized by Google

sine est bien opéré, s'il est complet, l'échantillon, par le refroidissement, se figera en goutte bien limpide. Si, en cet état, elle devient dure et cassante sous l'ongle, c'est une preuve qu'on n'a pas mis plus d'huile que la résine n'en peut supporter, car il s'en faut bien que toutes les résines supportent la même quantité d'huile. Mais si l'échantillon, immédiatement après qu'il a été mis sur le verre, et auparavant qu'il se soit figé, s'attache au doigt qu'on y applique et se tire en fils allongés, qui ne cassent pas facilement; si, après cet essai, le restant de cet échantillon se fige, ne conserve aucune adhérence au doigt, et a repris une consistance telle que l'ongle y pénètre facilement, comme dans la cire, sans le casser, c'est une preuve que vous y avez mis la quantité d'huile justement convenable.

La quantité d'huile et d'essence exactement nécessaire pour une dose de 3 kil. de copal, par exemple, ne peut donc pas être assignée d'une manière précise, vu qu'elle dépend d'une foule de circonstances qu'on ne saurait prévoir, mais que l'expérience cependant peut diriger jusqu'à un certain point. D'une manière générale, on peut dire néanmoins que le copal dur et le copal demi-dur exigent ordinairement moitié de leur poids d'huile et un peu plus que leur poids d'essence pour former un bon vernis qui sèchera en 24 heures. Mais, nous le répétons, ces données ne sont qu'approximatives, car on rencontre des résines qui en demandent plus, et d'autres moins. Chaque fois donc qu'on travaille une résine nouvelle, et qu'on a assez d'habitude de la pratique pour être certain de toujours conduire son travail à peu près de la même manière, on doit, aux premières opérations, essayer quelle est la proportion d'huile et d'essence qu'un poids donné de cette résine peut supporter, afin de la continuer (cette proportion), jusqu'à la fin de la résine, sans être obligé de tâtonner à chaque dose nouvelle.

Tous les fabricants de vernis savent bien que par un temps de brouillards épais, comme on en voit souvent aux environs de Paris, les vernis sont toujours moins limpides (moins *nifs* en termes d'atelier), que par un temps clair et sec. L'état hygrométrique de l'air peut donc influer sur le vernis. Le vernis, pendant sa confection, est donc susceptible d'absorber une certaine quantité d'eau, laquelle, extrêmement divisée dans le liquide, suffit pour lui donner un coup d'œil louche qui le rend moins propre à la vente, où l'on recherche les vernis bien transparents.

Le haut degré (316°) de chaleur auquel il faut soumettre le copal pour le rendre miscible avec l'huile, décompose cette résine en deux parties, l'une fixe, l'autre volatile, et en même temps met à nu une certaine quantité d'eau, lesquelles parties volatiles et aqueuses, mélangées avec la résine fondue, donnent à celle-ci ce caractère d'opacité et de viscosité qu'on y remarque toujours au commencement de chaque opération, et qui l'empêche de couler facilement au bout de la spatule comme elle le fait, alors que par l'effet de la température vive et sans cesse croissante qu'on lui applique, elle est devenue assez fluide pour permettre aux parties volatiles et aqueuses de se dégager sous forme de vapeurs âcres et piquantes. La partie fixe (le copal fondu) est alors suffisamment fluide et chaud pour se mêler à l'huile qu'on y verse chaude elle-même (la gomme est bien cuite, comme on le dit en terme de fabrique), et le vernis résultant sera de bonne qualité lorsque vous l'aurez mis à consistance au moyen de l'essence de térébenthine.

Mais si vous n'avez pas attendu que les parties volatiles et aqueuses soient évaporées pour y verser votre huile, qui elle-même contient aussi une certaine quantité d'eau; si en outre votre huile n'était pas suffisamment chaude au moment de son arrivée dans la résine trop froide elle aussi, il se produira dans la masse un mouvement de contraction plus ou moins rapide et complet, selon que l'huile ajoutée était plus froide et en plus grande abondance à la fois, et la résine plus ou moins coagulée, en raison du refroidissement brusque qu'elle a éprouvé, plus ou moins visqueuse en raison de la quantité d'huile avec laquelle elle s'est imparfaitement mélangée, plus ou moins opaque en raison de l'eau et des substances volatiles non vaporisées qu'elle renferme, formera sur la vitre, où vous en ferez tomber une goutte, un globule opaque, non lié, qui se figera comme le ferait un mélange d'huile et de cire. Vous avez fait *louche* en terme de fabrique.

Si vous vous apercevez à temps de l'accident, et vous comprendrez qu'*il est nécessaire de toujours vérifier si le mélange d'huile et de résine est bien ou mal opéré*, il est facile d'y porter remède, puisqu'il ne s'agit que de laisser votre matras sur le feu et de l'y maintenir jusqu'à ce que l'huile, venant à bouillir, permette aux parties aqueuses et autres de s'évaporer, et à la résine de se fondre et de se mélanger avec elle assez intimement pour que la goutte d'essai que vous mettrez sur le verre vous apparaisse parfaitement limpide et transparente; vous pouvez alors enlever le matras du feu et y ajouter la quantité d'essence suffisante pour mettre le vernis à bonne consistance; passez-le ensuite au tamis, le vernis refroidi ne sera plus louche, cependant il ne sera ni aussi blanc, ni aussi siccatif, et de plus vous n'aurez pas pu y mettre autant d'essence (ce qui vous prouvera clairement que la résine, ayant été plus longtemps sur le feu, y a éprouvé une altération plus profonde) que si cet accident n'eût pas eu lieu.

Si au contraire vous ne vous êtes pas aperçu de l'accident; au lieu de laisser votre matras sur le feu jusqu'à ce que la résine liquéfiée de nouveau ait pu se mélanger intimement à l'huile bouillante; si vous avez enlevé le matras du fourneau immédiatement après y avoir versé l'huile; et si de suite aussi vous y avez ajouté votre essence, vous avez alors un vernis louche, dont une goutte sur la vitre deviendra opaque en refroidissant, grasse, onctueuse, toute grumeleuse, et dont l'huile et l'essence ne tarderont pas à se séparer, car elles n'ont contracté aucune union avec la résine.

Le vernis chaud sera troublé et comme nuageux si l'accident est au maximum de gravité (si au contraire il a peu de gravité il ne paraîtra louche qu'après son refroidissement), et le lendemain, c'est-à-dire alors qu'il sera refroidi entièrement, vous trouverez au fond de votre refroidissoir votre résine précipitée sous forme d'une masse jaune, sale, agglomérée, opaque et peu gluante, mais quelquefois l'étant un peu plus en raison de la quantité d'huile, plus ou moins mal combinée, avec laquelle elle se trouve mélangée; et le liquide surnageant, composé du restant de l'huile et de l'essence et d'une certaine quantité de copal attiré, sera rougeâtre, mais ne formera plus un vernis, c'est-à-dire une substance qui, étendue et desséchée à la surface des corps, puisse leur procurer un éclat permanent.

Mais comme pendant la coulée de l'essence il faut agiter souvent le vernis pour aider sa dilution dans cette essence, et que d'ailleurs on a toujours le soin de vérifier sur une vitre si le vernis se maintient limpide et transparent, l'on s'aperçoit bien vite que l'on a fait louche, et au lieu de continuer son addition d'essence, on ferme le robinet, on reporte le matras sur le feu et on l'y tient jusqu'à ce que toute l'essence qu'on y a ajoutée, venant à s'évaporer (elle bout à 155 degrés), permette enfin à l'huile de bouillir à son tour, c'est-à-dire d'atteindre 316 degrés, de fondre alors le copal et de se mélanger avec lui, et de former sur la vitre une goutte bien transparente et limpide. Retirez maintenant le matras du feu, ajoutez-y l'essence nécessaire pour mettre le vernis à bonne consistance et vous n'en

Digitized by Google

devrez pas mettre beaucoup pour atteindre ce but), vous obtiendrez un vernis d'autant moins corsé et moins siccatif, et d'autant plus coloré qu'il vous aura fallu le maintenir plus longtemps au feu, d'abord pour évaporer l'essence imprudemment ajoutée, et ensuite pour porter l'huile au degré de chaleur propre à fondre la résine et se mêler avec elle, et permettre enfin à l'essence de dissoudre ce mélange.

Car, et qu'on nous permette d'insister sur ce point capital et non encore suffisamment expliqué, l'on fait des *vernis louches ou ternes* : 1° ou parce qu'on n'a pas porté la résine fondue au degré convenable de chaleur pour qu'elle puisse se mélanger intimement avec l'huile ; 2° ou parce que l'on a ajouté dans la résine fondue et chaude à point une huile trop froide et trop abondamment à la fois : laquelle huile, en abaissant trop brusquement la température de la résine fondue, l'a, par cela seul, rendue immiscible avec elle ; 3° ou parce que le mélange de la résine et de l'huile étant parfaitement accompli, on a, pour mettre le vernis à consistance, ajouté trop abondamment à la fois l'essence froide ; 4° enfin, ou parce qu'on a laissé trop refroidir le mélange de résine et d'huile avant d'y verser l'essence nécessaire pour le mettre à consistance de bon vernis. Tous ces accidents ne sont donc que des résultats d'une température trop faible dans le premier et quatrième cas, ou trop abaissée dans les deux autres.

L'huile ne se combine pas avec le copal fondu, elle s'y mélange seulement ; elle s'interpose entre ses molécules, rend ainsi leur solidification, c'est-à-dire leur rapprochement impossible ; ne sert, en un mot, qu'à les diviser et, en cet état, les rendre miscibles dans une certaine proportion d'essence de térébenthine, au moyen de certaines précautions qui sont de ne verser l'essence que peu à peu, et par filet d'abord qu'on augmente ensuite, et de toujours agiter, pendant la coulée de l'essence, dans le but de ne pas abaisser trop brusquement la température du mélange liquide d'huile et de copal, et de faciliter ainsi sa dissolution et sa bonne répartition dans l'essence.

Il est évident qu'on arriverait plus facilement à ce résultat, si, au lieu de se servir d'essence froide, comme cela se pratique généralement en fabrique, on éteignait avec de l'essence bouillante qui se trouverait ainsi débarrassée par avance d'une bonne partie de l'eau qu'elle contenait ; mais nous devons ajouter qu'on s'exposerait souvent à un danger véritable d'incendier la fabrique, car rien n'est dangereux comme de faire bouillir de l'essence, surtout si le vase où on la chauffe ne conserve pas toujours le même niveau, ce qui devient difficile sinon impossible dans une chaudière où l'on va puiser sans cesse. C'est sans doute pour cela qu'on a délaissé la méthode d'éteindre avec de l'essence bouillante, pour n'employer que de l'essence froide. Ajoutons cependant qu'au moyen des précautions indiquées ci-dessus, de ne verser que peu à peu cette essence, de bien mélanger le vernis, et surtout l'attention scrupuleuse de n'éteindre le mélange d'huile et de résine qu'autant qu'il soit parfait, c'est-à-dire limpide et transparent sur la vitre, on réussira pourtant à faire de bons et excellents vernis.

Si l'on fait un vernis louche, alors qu'on verse de l'huile trop froide dans la résine fondue, ou si l'on n'obtient qu'un vernis terne alors que dans un mélange, même bien fait, d'huile et de resine, on ajoute trop d'essence froide à la fois, on est également exposé à ne produire qu'un vernis terne, lorsqu'a la résine cuite à point, on incorpore son huile bouillante ou trop chaude ; mais l'accident est plus certain lorsqu'on n'a pas bien laissé cuire sa résine, en d'autres termes, lorsqu'on l'on n'a pas laissé aux substances volatiles ou aqueuses qui se sont produites dans son sein, le temps de s'évaporer entierement. En voici la raison : à peine l'huile bouillante est-elle arrivée dans la résine bouillante elle-même, à peine avez-vous eu le temps d'agiter, pour les mélanger l'une avec l'autre, qu'il se déclare de suite une forte effervescence qui menace de faire répandre en mousse toute la matiere en expérience, si bien qu'il ne vous reste que le temps d'enlever le matras du feu, et, pour calmer cette ébullition si violente quelquefois que le vernis en sort avec une abondance extrême, vous n'avez d'autre parti à prendre que d'y ajouter de l'essence ; cette grande ardeur se calme bientôt, mais le vernis résultant ne sera jamais aussi brillant, sera toujours plus *terne* que si le mélange d'huile avait eu le temps de se faire comme il faut. Les molécules résineuses, mal divisées par l'huile, ne se répartiront pas également dans l'essence, et le vernis résultant ne formera, après sa dessiccation, qu'un assemblage informe de parties plus luisantes et d'autres moins luisantes, et les surfaces recouvertes, au lieu d'être brillantes, paraîtront *ternes*.

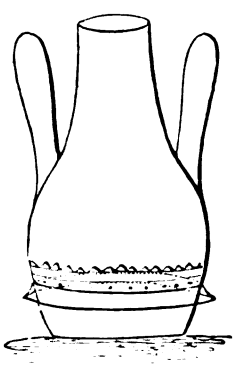
Avec une huile chauffée seulement à 120 ou 150 degrés, on n'a rien à craindre de pareil : elle se mélange très bien avec la résine fondue ; l'on a le temps de bien agiter le mélange avec la spatule, de le laisser un moment sur le feu bouillir doucement ; le mélange se perfectionne d'autant, et lorsqu'on retire le matras du feu pour mettre le vernis à consistance, le mélange homogène d'huile et de résine se répartissant également et facilement dans l'essence, le vernis résultant sera parfaitement homogène, partout également riche en résine, et formera sur les corps une glace unie et partout également brillante, par la raison toute simple, que nous ne saurions trop répéter, *qu'un vernis n'est que de la résine rendue liquide et extensible à la surface des corps au moyen d'un véhicule approprié.*

Le copal dur, de Calcutta et de Bombay, le copal demi-dur (résine de courbaril ou de damnara aromatique), le copal tendre (résine de damnara friable) ne se travaillent pas tout à fait de la même manière : chacune de ces espèces demande quelques modifications dans les procédés qu'on leur applique pour les transformer en vernis ; nous les décrirons en temps et lieu.

Avant de donner les diverses formules des vernis gras, disons quelques mots des ustensiles employés pour leur fabrication.

Instruments et ustensiles d'une fabrique de vernis.

Matras. Les matras doivent être en cuivre rouge non étamé ; le cul doit être d'une seule pièce, et la soudure qui le réunit à la partie supérieure doit être posée à 4 centimètres au-dessus du panache (voyez figure 2529) ou des crochets, qui empêchent le matras (fig. 2531) d'entrer trop avant dans le fourneau. Cette simple disposition assure à la soudure une durée beaucoup plus longue, et à l'artiste la certitude que le matras ne fuira pas sans qu'il s'en aperçoive de suite ; il évitera ainsi bien des chances de feu et de pertes considérables. Les matras ne doivent pas être trop profonds, pour que le bras puisse facilement atteindre le fond lorsqu'il les faudra nettoyer. Si ce n'est le cul, c'est-à-dire la seule partie du matras qui souffrira de l'action du feu, la partie supérieure à la soudure peut être en cuivre de plus mince épaisseur, mais le cul doit être plus



2529.

Digitized by Google

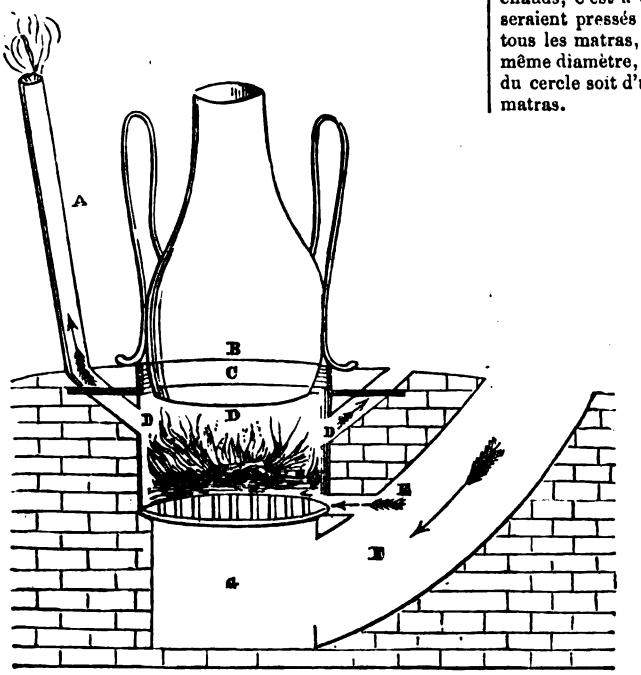
étoffé, sans quoi il ne durerait guère. Un bon matras, de la hauteur de 66 à 75 centimètres, et de la contenance de 25 à 30 litres, doit peser 10 à 12 kilos.

Il faut au moins deux matras par fourneau pour un travail régulier : un sur le feu, l'autre à éteindre ou à égoutter ; de telle manière que le feu ne brûle jamais à rien, et qu'aussitôt qu'une dose est achevée, on puisse en remettre une autre à fondre.

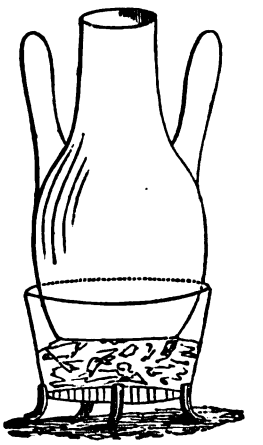
Fourneaux. Les plus fortes fabriques de vernis n'ont que trois fourneaux de fusion ; dans les unes, les fourneaux sont portatifs, c'est un simple cercle en fer battu monté sur quatre pieds et armé d'une grille ; le matras repose sur les charbons enflammés (fig. 2530). Ici les matras n'ont ni panache ni oreilles à crochets, et le diamètre du fourneau a 6 centimètres de plus que celui des matras, afin que le charbon ne manque jamais d'air et qu'il puisse toujours produire un feu vif et ardent, condition de rigueur pour les vernis de copal.

D'autres fabricants se servent de fourneaux en maçonnerie enterrés dans le sol (fig. 2531), composés de briques ordinaires et d'argile (terre à four ou à potier) pour ciment, et disposées tellement que l'air arrive facilement au cendrier, toujours dans le but d'obtenir une combustion vive et ardente du charbon de bois qu'on y emploie ; aussi, ménage-t-on autour du bord supérieur du fourneau trois ou quatre cheminées, quelques-uns même arment ces cheminées d'un tuyau en tôle pour déterminer un courant d'air plus rapide à travers le charbon ; ce tuyau en tôle est ôté si la combustion est trop violente ; on bouche même quelquefois toutes les cheminées, toujours pour ralentir un feu trop ardent, ce qui arrive parfois lorsque le vent souffle dans la direction du soupirail qui porte l'air au cendrier. Comme il est préférable d'avoir un fourneau à calmer que d'en avoir un trop paresseux, nous allons décrire celui dont nous nous servons, et qui ne nous a jamais laissé dans l'embarras. Ce fourneau est d'ailleurs celui que l'on employait avant nous, nous n'avons fait qu'établir une communication entre le foyer et le soupirail qui porte l'air au cendrier ; et, au moyen de cette communication, nous expulsons à volonté l'acide carbonique qui se forme toujours pendant la combustion du charbon de bois, et qui retarde cette combustion en raison même de son accumulation dans le foyer ; car telle est la cause véritable du peu d'activité, de la paresse, comme on le dit en fabrique, de certains fourneaux enterrés. Les fourneaux portatifs ne sont point exposés à cet inconvénient, le plus grave, sans contredit, qu'on puisse rencontrer dans la fabrication des vernis gras de copal.

A l'inspection des fig. 2530 et 2531, on comprendra ce que c'est qu'un fourneau à fondre les résines, mais aussi qu'il est impossible d'en donner les dimensions exactes ; en effet, le diamètre du cercle en fer, qui solidifie son bord supérieur, dépend du diamètre des matras ; il est même essentiel qu'il soit un peu plus grand, car si les matras s'y emboîtaient trop exactement, il deviendrait impossible de les en retirer, alors que chauds, c'est-à-dire ayant augmenté de volume, ils y seraient pressés comme dans un étau. Il faut donc que tous les matras, à leur ligne d'engagement, soient du même diamètre, mais il faut, en outre, que le diamètre du cercle soit d'un centimètre plus grand que celui des matras.



2531.



2530.

Le diamètre du foyer sera le même que celui du cercle supérieur ; quant à sa hauteur, comme il est nécessaire qu'on puisse y mettre assez de charbon pour durer jusqu'à la fin d'une opération, on lui donne ordinairement 16 centimètres, à partir du dessus de la grille jusqu'au cul du matras posé sur ses crochets ; les quatre cheminées qu'on ménage à l'entour du fourneau ne prennent elles-mêmes naissance qu'à la hauteur de ce cul, pour sortir à 20 centimètres du cercle de fer.

Le cendrier, formé ordinairement par des briques debout, devant supporter la grille du fourneau, doit être par conséquent d'un diamètre de 2 à 3 centimètres plus petit que celui de la grille elle-même.

On donne aux quatre cheminées et à la conduite d'air au foyer 6 centimètres carrés, et à la conduite d'air au cendrier la hauteur d'une brique, et une largeur telle qu'avec une brique en travers on puisse la couvrir, c'est-à-dire 3 centimètres de moins que la longueur d'une brique.

Lorsque nous aurons dit que l'on dispose les crochets

Digitized by Google

des oreilles des matras de manière qu'ils ne puissent s'enfoncer dans le fourneau de plus de 13 à 14 centimètres, ce qui donnera au foyer une hauteur totale, depuis le dessus de la grille jusqu'aux bords supérieurs du cercle en fer, 29 à 30 centimètres, nous aurons donné tous les renseignements qui sont nécessaires pour en pouvoir construire soi-même.

Il est bien entendu que le ciment dont on se sert dans ces sortes de maçonneries est tout simplement de l'argile (terre à four ou à potier) délayée dans l'eau, en bouillie épaisse.

Depuis quelque temps on a introduit, dit-on, dans quelques fabriques l'usage du coke pour fondre le copal; mais nous ignorons complétement la forme du fourneau qu'on y emploie; toujours est-il qu'il doit exister dans ces fourneaux un tirage bien plus fort que dans ceux dont nous venons de donner la description Mais le fourneau, tel que nous venons de le décrire, brûlerait certainement à feu vif plus de 3 kilos de coke à l'heure : il ne faudrait, pour déterminer, à travers le foyer, un courant d'air beaucoup plus rapide et suffisant d'ailleurs pour la quantité de coke ci-dessus, qu'adosser le fourneau à une bonne cheminée assez élevée, avec laquelle on le mettrait en communication, par le moyen d'un conduit en fer ou en maçonnerie, de 13 à 16 centimètres carrés, sans coude ni étranglement, puis supprimer les quatre petites cheminées, et se servir de matras avec panache, car ici il faut boucher exactement l'orifice supérieur du fourneau.

Spatules. On achète du fort fil de fer qu'on coupe à longueur de manière à dépasser de 30 centimètres la hauteur du matras; on fait rougir et on aplatit l'une des extrémités, au moyen de quelques coups de marteau. Voilà la spatule des vernisseurs. Mais rien n'empêche cependant, si on la veut mieux faite, d'y dépenser plus d'argent en la faisant forger par un homme du métier.

Tamis. Une toile en laiton ni trop ni trop peu serrée, montée sur un cercle en bois, forme un très bon tamis pour le vernis.

Nous en avons fait établir un de 35 centimètres de diamètre, avec un cercle en fer-blanc, cloué et non pas soudé, qui nous paraît d'un meilleur usage qu'avec un cercle en bois, attendu que pour le nettoyer nous n'avons qu'à y mettre le feu.

Un carré ou châssis en bois. Il sert à soutenir le tamis au-dessus du refroidissoir où l'on verse le vernis.

Refroidissoirs. Chaudières en fer ou en cuivre où l'on verse le vernis à travers le tamis et où on le laisse séjourner jusqu'à son parfait refroidissement.

Trépied. C'est une planchette carrée (figure 2532), de 30 centimètres de côté, montée sur trois ou quatre pieds assez élevés pour qu'on puisse loger facilement le matras à éteindre sous le robinet d'une velte ou mesure en fer-blanc, placée sur cette planchette et contenant la quantité d'essence nécessaire pour mettre le vernis à bonne consistance.



2532.

Autrefois l'ouvrier vernisseur était obligé de verser l'essence d'une main et de mêler de l'autre pour incorporer le vernis dans l'essence; au moyen du trépied, il n'a qu'à ouvrir le robinet de manière à en faire couler l'essence par filet. Il lui suffit de mêler de temps en temps avec la spatule; il évite ainsi de respirer une épaisse vapeur d'essence et d'eau que la haute température du vernis détermine toujours, surtout dans les premiers instants de la coulée de l'essence. L'ouvrage est plus facile et plus régulier.

Entonnoirs, touries, tonneaux pour empoter ou transporter les vernis.

Tel est à peu près l'inventaire d'une fabrique de vernis gras. Quant aux chaudières pour chauffer l'huile ou l'essence, nous n'en parlerons pas, attendu que nous en avons donné la description en parlant des différentes manières de préparer les huiles pour les rendre propres à en faire des vernis, et que ces mêmes chaudières sont précisément celles dont on se sert alors pour porter l'huile et l'essence à la température de 120 à 150 degrés.

Choix et préparation du copal dur. Si nous n'avons presque rien dit des résines employées dans les vernis des premier, deuxième et troisième genres, c'est qu'il suffit pour les rendre propres à y entrer, de les monder au couteau et ensuite de les laver, puis de les bien assortir de couleur. Il n'en est pas tout à fait de même pour les vernis du quatrième genre. Le copal dur exige sans doute, lui aussi, d'être bien mondé, bien assorti de couleur; mais il faut, en outre, que tous les morceaux, dont se compose chaque dose, soient également fusibles au feu, si l'on veut en obtenir des vernis meilleurs et plus beaux que ceux qu'on a faits jusqu'à ce jour.

Le copal dur se vend sous différents noms : le copal de Calcutta est le plus estimé; puis vient le copal de Bombay, et en troisième ligne une espèce en petits fragments qui ne se désigne pas autrement que sous le nom de copal dur à l'italienne, mondé ou non mondé.

Choix. On doit choisir le copal de Calcutta, le plus gros et le moins coloré, avec le moins de poussière, de marrons et de mélanges avec d'autres résines, telles que le Bombay, le demi-dur et même le tendre. Il faut le visiter bien attentivement, car il se trouve presque toujours mêlé avec une espèce rugueuse, qui lui ressemble beaucoup, mais pourtant qui en diffère en ce que ce copal étant plus tendre, les aspérités qui constituent la chair de poule au lieu d'être terminées, comme dans le copal de Calcutta, par une surface arrondie, le sont par une surface plate et comme usée par le frottement des morceaux les uns contre les autres, de telle manière, que ce faux copal de Calcutta, est plutôt à surface chagrinée qu'à surface de chair de poule. Si nous insistons autant sur cette sophistication, c'est que ce faux copal étant beaucoup plus fusible que le vrai Calcutta, pour peu que ce dernier en contienne, il ne fournira jamais qu'un vernis coloré et de mauvaise qualité. Mais heureusement, on a de bons moyens pour le découvrir et le séparer du copal véritablement dur, comme on va le voir.

Préparation. Nous avons dit que le copal de Calcutta se trouve mélangé de plusieurs espèces, les unes plus dures, les autres moins dures, ou pour parler plus exactement, les unes plus fusibles, les autres moins fusibles. Si après avoir cassé son copal et l'avoir bien assorti par nuance de coloration, mais non par degré de fusibilité, on veut le fondre à nu, l'espèce la moins dure, qui est aussi la plus fusible, sera fondue longtemps avant l'autre, et aura le temps de se charbonner avant que l'autre soit seulement entamée par le calorique. Si cependant on veut attendre que toute la résine en expérience soit entièrement fondue, les parties les premières fondues seront d'autant plus altérées, d'autant plus charbonnées qu'il aura fallu attendre plus longtemps la solution des autres, et le vernis résultant sera coloré, peu siccatif, peu brillant, précisément en raison du trop long temps que la résine a séjourné sur le feu. Si donc on veut avoir de beaux et bons vernis, ce n'est pas seulement par nuan-

Digitized by Google

ces, mais principalement par degrés de fusibilité qu'il faut assortir sa résine. Voici les trois moyens que nous employons pour arriver à ce résultat, et qui réussissent tous trois.

Premier moyen pour assortir le copal dur sous le rapport de l'égale fusibilité de tous les morceaux dont une dose de 3 kil. se compose. — Nous chauffons fortement, mais cependant pas à rougir, une barre de fer poli de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, et nous essayons sur cette barre chacun des morceaux entiers dont se compose une caisse de copal. Nous découvrons ainsi, presque toujours, trois espèces de copal que nous mettons à part. La première, la plus dure, la plus infusible, grille sur la barre de fer, presque comme le ferait la gomme arabique. La deuxième fond, mais moins facilement que la troisième. Chacune de ces trois espèces est ensuite assortie par nuance de coloration, nettoyée au couteau le plus exactement possible, cassée en fragments d'égal volume, et fournit un vernis souvent plus beau que la nuance de la résine ne le ferait présumer.

Deuxième moyen. — Faites tremper le copal entier ou cassé, bien assorti de nuance, dans une lessive alcaline composée de 500 grammes de potasse perlasse dans 25 kil. d'eau de rivière, pendant quarante-huit heures; lavez ensuite le copal que vous en aurez retiré à grande eau de rivière, dans un baquet où vous le remuerez fortement avec un balai un peu dur; recommencez plusieurs fois ce lavage pour enlever toute la potasse, séparez ensuite les morceaux les plus ramollis de ceux qui le sont moins, et ceux-ci à leur tour de ceux qui sont restés presque durs, faites-les sécher sur une toile, au soleil ou à l'étuve, et vous aurez tout à la fois nettoyé votre copal qui sera clair et brillant comme le cristal, et séparé le plus dur, le plus fusible, des deux autres sortes, car celui qui est resté le plus dur dans la lessive est aussi le plus infusible.

Troisième moyen plus expéditif que le deuxième. — Composez une lessive alcaline telle que nous venons de le dire, mettez-y même un peu plus de potasse, cela n'en vaudra que mieux; faites-la bouillir dans une chaudière bien propre, jetez-y votre copal cassé et bien assorti de nuance, remuez-le avec une spatule en fer jusqu'à ce que la résine ne produise plus sur les parois de votre chaudière le bruit que font les corps durs en frappant un métal; retirez alors votre copal de la lessive, versez-le ramolli tel qu'il est dans une manne, nageant dans un baquet plein d'eau de rivière froide, agitez fortement et de suite le copal dans cette manne avec un balai en bois assez dur; il se raffermira et en même temps se nettoyera. Changez votre eau plusieurs fois pour enlever jusqu'aux dernières traces de la potasse, en ayant soin toutefois, de ne pas faire couler avec votre eau les menus débris de copal détachés pendant les lavages. Lorsque enfin le copal est bien net, bien brillant, sortez-le de l'eau, étendez-le sur une toile au soleil, toujours en mettant à part les morceaux les plus durs de ceux qui ont conservé le plus de ramollissement; nous avons déjà dit que ces derniers étaient les plus fusibles.

Si vous avez traité votre copal entier par l'un des trois moyens que nous venons de décrire, il ne reste plus qu'à le casser à grosseur d'aveline le plus également possible; de bien assortir vos nuances pour former vos numéros de vernis; les plus belles pour les numéros les plus fins, les autres pour les moins fins. Si vous avez employé la barre de fer, il faut, tout en cassant, éplucher bien chaque morceau pour les dépouiller de toutes les impuretés qui saliraient vos vernis, et vous aurez pris toutes les précautions nécessaires pour obtenir non seulement de beaux vernis, mais incomparablement meilleurs que par tout autre procédé, attendu qu'ils ne resteront sur le feu que le temps justement convenable pour former un mélange homogène et stable de la résine avec l'essence au moyen de l'huile siccative que vous devez y ajouter.

Copal de Bombay. Le copal de Bombay se présente en morceaux plus volumineux et plus colorés que le copal de Calcutta. Celui-ci a l'écorce à chair de poule, le copal de Bombay paraît avoir été dépouillé de son écorce rugueuse, au moyen d'un couteau ou d'une râcle, car tous les morceaux sont lisses. Sa cassure est brillante et offre la transparence du cristal le plus pur, d'une nuance qui varie depuis le jaune-citron jusqu'à l'orangé foncé et quelquefois rougeâtre. Comme le Calcutta, il est très dur, inodore, insipide à froid; il porte à la surface l'empreinte de sable coloré de rouille; ses morceaux en larmes allongées ou mamelonnées sont d'une couleur généralement uniforme dans toutes leurs parties. Il n'est pas rare, au contraire, de trouver dans le Calcutta deux nuances bien distinctes dans le même morceau. Il devient aussi électrique par le frottement.

Choix. Il faut choisir le copal de Bombay le plus égal de nuance, et en morceaux plutôt gros que menus, avec le moins de marrons, de poussière, et le moins mélangé avec d'autres variétés.

Préparation. Ce qu'on fait pour le Calcutta afin de l'assortir sous le rapport des nuances et des degrés de fusibilité, pour le casser, le nettoyer, etc., réussira également avec le Bombay.

Les vernis qu'on obtient avec le copal Bombay ont identiquement la même qualité qu'avec le Calcutta. Ils sont peut-être un peu plus teintés que ces derniers.

Copal à l'italienne. Cette variété du copal dur paraîtrait être le dernier choix du copal de Calcutta, car elle se présente en petits fragments peu épais, qui sont plutôt chagrinés qu'à chair de poule et d'une couleur jaune-orangée; d'une dureté et d'une fusibilité inégales, et, précisément à cause de cela, fondant mal et rendant peu de vernis, ou rendant un vernis de mauvaise qualité. C'est, en un mot, un mélange de tous les résidus, soit de copal dur, soit de demi-dur, dont il est impossible de faire la description.

Il n'y a pas de choix ni de préparation à prescrire ici; la seule chose qu'il faille faire avant de l'acheter, c'est de l'essayer pour voir l'espèce de vernis et dans quelle quantité on en pourra faire. C'est alors une simple question de prix, mais non de qualité, et dont on n'a pas à s'occuper sérieusement ici.

Manière de préparer l'huile de lin pour les vernis du quatrième genre. Maintenant que nous savons choisir le copal et séparer les morceaux plus fusibles de ceux qui le sont moins, il nous reste, avant de donner la manière de le travailler, pour le transformer en vernis, au moyen de l'huile et de l'essence de térébenthine, à décrire les diverses préparations qu'on fait subir à l'huile de lin pour la rendre propre à faire le vernis. Ces opérations, qui ont pour but de rendre cette huile (la seule qui serve dans les vernis) plus siccative que dans son état naturel, sont connues en fabrique sous le nom de dégraissage des huiles.

L'huile de lin doit être pure, et maintenant on la trouve dans le commerce bien difficilement dans cet état. On la mélange, soit avec des huiles de poisson, de suif, soit avec des huiles de cameline, d'œillette, de chanvre, de sésame; lorsque l'une ou l'autre de ces dernières est à meilleur marché que l'huile de lin, car c'est la question du meilleur marché qui décide l'espèce d'huile qu'on y ajoutera. Si on ne la mélangeait cependant qu'avec des huiles siccatives, il n'y aurait pas grand mal; mais lorsqu'on y ajoute des huiles non siccatives de poisson, de suif, par exemple, qu'on a dû traiter par les acides pour les blanchir ou leur enlever leur puanteur, l'huile de lin est totalement abîmée, impropre aux vernis et même aux couleurs.

La chimie, la physique, offrent sans doute les moyens de reconnaître le degré de pureté de toutes les huiles,

Digitized by Google

mais ces moyens sont au-dessus de la portée de bien des gens; il en faut d'autres, plus simples, plus faciles et tout aussi sûrs. Ces moyens, les voici :

Premier moyen. Dans une chaudière de 25 à 30 litres, mettez 15 a 20 lit. de l'huile à essayer, ajoutez-y 500 grammes de litharge en poudre bien seche, et 250 gram. de terre d'ombre, calcinée nouvellement, mélangez et portez le tout sur le feu, assez fort pour faire fremir, mais non pour faire bouillir votre huile; remuez doucement et souvent les ingrédients afin d'empêcher qu'ils ne s'attachent au fond; mais évitez de les remuer assez fort pour combiner l'oxyde de plomb avec l'huile. Apres 5 ou 6 heures de feu vous verrez l'écume devenir roussâtre, et peu après se former en taie. C'est le moment de retirer la chaudière du feu, et de verser toute la partie liquide dans un vase bien propre. Si l'huile que vous obtiendrez ainsi ne louchit pas sur la vitre, si elle est bien siccative, et surtout, car c'est là son caractère le plus essentiel pour les vernis, si elle s'éclaircit facilement, c'est-à-dire en huit ou dix jours de repos a la cave, elle est bonne, vous pouvez l'acheter avec confiance; mais si elle ne présente pas toutes ces qualités, ne vous y fiez pas, elle tromperait votre attente.

Deuxième moyen. Un autre moyen plus facile, mais pas aussi concluant, consiste à mettre dans une casserole, de la contenance de 4 litres, 2 lit. 1/2 d'huile à essayer; de chauffer cette huile pour la faire bouillir (et elle bout à 316 degrés si elle est pure), et de la tenir sur le feu jusqu'a ce qu'il se forme à la surface des points d'écume blanche. Si l'huile est bonne pour vernis, la haute température à laquelle vous l'avez soumise ne fera que la blanchir et l'épaissir tout en la laissant limpide; si, au contraire, elle est impropre à ce service, elle tournera comme fait le lait sous l'influence d'un acide, se décomposera en deux parties, l'une parfaitement limpide, et l'autre qui se déposera sous forme de grumeaux verdâtres : la premiere sera l'huile, la seconde sera formée par le mucilage aqueux qu'elle contenait et dont elle n'a pas été dépouillée par le *clairçage*. N'achetez pas cette huile, elle est trop récente, n'a pas été suffisamment reposée pour se dépouiller des parties aquo-mucilagineuses que toutes les huiles de lin nouvellement preparées contiennent d'autant plus abondamment aujourd'hui, qu'on n'applique plus (en fabrique) à la graine pulvérisée, un degre de chaleur suffisant pour les detruire en majeure partie, comme on le faisait autrefois.

Si vous avez mesuré la température de l'huile tournée lorsque les points d'écume ont apparu, vous ne l'aurez guère trouvée au-dela de 275 à 285 degrés centigrades, selon la quantite de matières étrangeres qu'elle contenait. Nous en avons travaillé plus d'une fois, qui nous offrirent un quart de déchet sur la masse totale; mais, il faut le dire, l'huile claire que nous en retirâmes était excellente pour les vernis. Ce moyen d'essai est donc aussi un moyen de purifier les huiles, de les débarrasser des matieres aquo-mucilagineuses qu'elles contiennent.

Si, pourtant, et cela nous est arrivé souvent, il était impossible de trouver une huile convenable, on devrait choisir celle qui présente le moins d'inconvenients; l'essai ci-dessus vous la ferait connaître. Achetez-la, mettez-la dans un réservoir en plomb, laissez-la reposer un mois ou deux, et même plus, soutirez les trois quarts supérieurs par robinets étagés, servez-vous en pour en faire des vernis ou des huiles siccatives; l'huile du dernier quart restant au fond du réservoir, vendez-la pour broyer ou detremper les couleurs, car elle est tout à fait impropre au travail du vernisseur.

Mais l'huile, provenant des trois quarts supérieurs du réservoir, n'est cependant pas encore dans un état convenable pour être transformée en huile siccative, il faut, avant, la purifier du mucilage et de l'eau qu'elle peut contenir, et pour cela, il faut la porter dans une chaudiere, la chauffer à petit feu, qu'on augmentera peu à peu, jusqu'à ce qu'elle soit tournée (si toutefois elle tourne, car il arrive souvent que les parties supérieures ne tournent plus). Mais il est un signe, précurseur infaillible, qui vous avertit, lorsque l'huile est pour tourner. A 175 degrés environ, vous voyez la surface se picoter de petits bouillons; continuez le feu, et bientôt après, dans les 200 à 220 degrés, vous voyez apparaître les grumeaux et voyager de bas en haut et de haut en bas dans le liquide; attendez qu'ils soient bien formés, alors éteignez votre feu, laissez refroidir l'huile dans la chaudière; le lendemain tirez à clair, mettez à part le dépôt grumeleux dans un tonneau défoncé ou il achevera de se déposer en se séparant d'une huile limpide que vous soutirerez par la suite. L'huile ainsi purifiée peut être employée aux divers usages des vernis, etc.

Huile pour vernis. Mettez dans une chaudière en fonte 200 kil. d'huile de lin, et avec un feu modéré portez-la de 175 à 200 degrés de température; jetez-y au commencement 2 à 3 kil. de pain coupé par tranches minces, et une vingtaine d'oignons dont vous aurez ôté la peau, et que vous laisserez jusqu'à ce que le pain soit bien frit, et les oignons bien rissolés (on ôte le pain avant les oignons); vous les enleverez alors, au moyen d'une écumoire, et vous continuerez de laisser votre huile sur le feu, jusqu'à ce qu'elle soit bien blanchie. Le feu, ayant toujours été modéré, cette opération pourra durer 8 heures, et vous obtiendrez une huile excellente pour faire des vernis.

Usages de l'huile. Cette huile est excellente pour faire des vernis aussi solides, mais moins teintés que ceux à l'huile préparée à l'oxyde de plomb. Un des caractères qui distinguent les huiles blanchies à l'air des huiles blanchies au feu, c'est que si vous chauffez les premières, elles reprennent de suite leur coloration première; il n'en est pas de même pour les huiles blanchies par le feu, elles restent au feu telles qu'on les y a mises; aussi conviennent-elles parfaitement aux vernis, tandis que les autres ne valent rien pour cet usage.

Autre huile pour vernis. Mettez dans une chaudière en fonte 200 kil. d'huile de lin, suspendez-y dans une toile métallique tenue aux quatre coins par des fils de fer et placée à 10 centimètres du fond, 6 kil. de litharge en poudre, renfermée dans une toile de lin assez serrée pour empêcher la litharge de passer à travers; allumez votre feu et conduisez-le modéré jusqu'a ce que vous ayez atteint 200 degrés environ, vous aurez mis au commencement de l'opération 2 à 3 kil. de pain en tranche et une vingtaine de tête d'aulx et vous les aurez retirées aussitôt que le pain était bien frit et les aulx bien rissolés; éteignez alors votre feu, retirez la litharge, et votre huile est faite.

Plus le feu aura été ménagé, plus l'huile sera siccative et peu colorée; elle l'est cependant plus que la précédente, mais elle ne donne pas un vernis plus solide ni plus siccatif.

Nous mélangeons souvent la litharge avec un corps poreux, tel que le noir animal en grains, la pierre ponce ou du plâtre, aussi en poudre grossiere. Nous favorisons ainsi l'action de l'huile sur l'oxyde de plomb et obtenons une huile plus siccative sans être plus colorée.

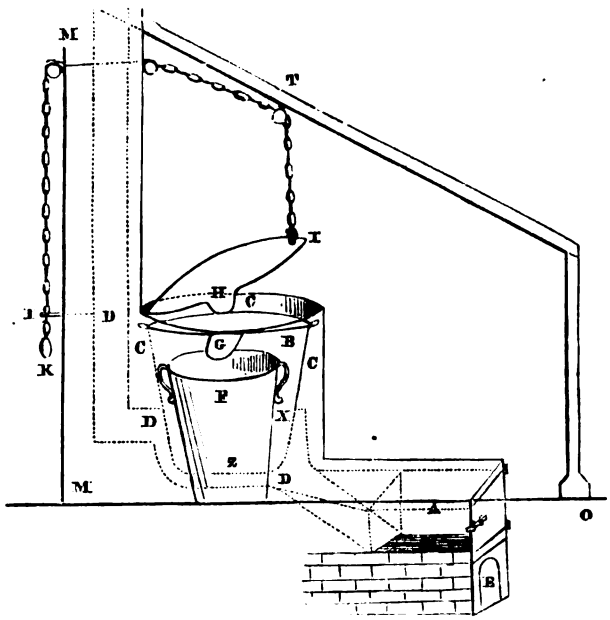
Autre huile pour vernis.

200 kil. d'huile de lin.
4 kil. étain filé.

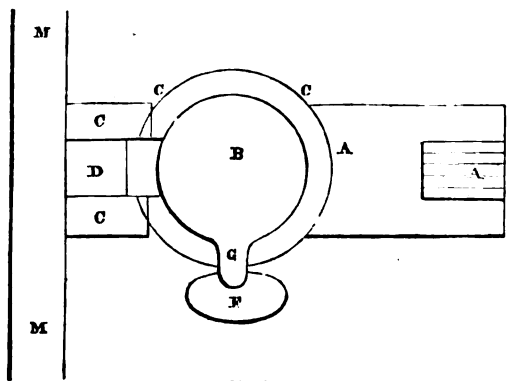
Chauffez l'huile jusqu'à ce que l'étain soit fondu, jetez-y alors une centaine d'oignons pelés que vous laisserez jusqu'a ce qu'ils aient pris une belle couleur rousse; éteignez le feu, ôtez les oignons, l'huile est préparée.

Quelques manipulateurs ajoutent encore du pain

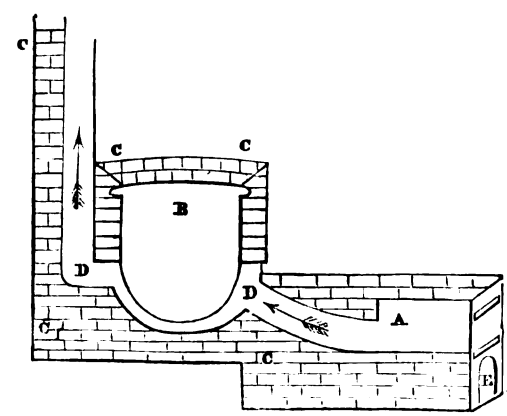
Digitized by Google



2533.



2534.



2535.

qu'ils retirent quand il est bien frit et le remplacent par d'autre pain à plusieurs reprises.

Remarques. L'huile qu'on obtient ainsi est peu colorée, peut faire d'excellents vernis, mais pas meilleurs qu'avec la première recette, qui coûte moins cher.

Quelques manipulateurs corsent les huiles ci-dessus, en portant leur température à 316 degrés. Ils prétendent qu'ils y trouvent grand avantage, surtout pour le travail des résines que nous avons désignées sous le nom générique de copal demi dur qui, ne rendant pas beaucoup, ne fourniraient, sans l'emploi d'une huile corsée, que moins de vernis encore. Nous croyons, nous, que ce n'est pas là où est le nœud de la question du corsage des vernis. La même résine, cuite à point, donnera un vernis plus corsé, qui boira plus d'essence que si on la laisse trop cuire; et puis, d'un autre côté, la même résine fondue à point et incorporée avec une des huiles ci-dessus, préparées depuis une année, par exemple, fournira aussi un vernis plus corsé que ne saurait le faire la même huile sortant de l'œuvre. Il y aurait donc, sous ce rapport, déjà grand avantage à se servir d'huile ancienne; et ce n'est pas tout encore, le vernis qu'on obtiendrait serait beaucoup plus solide et plus siccatif.

Telles sont les formules des huiles qu'on prépare en fabrique pour les vernis, et que nous avons toutes essayées et que nous avons reconnues bonnes. L'huile corsée ou non, c'est-à-dire préparée telle que nous en donnons la recette, suivant la première formule, mais que nous portons quelquefois jusqu'à 316 degrés, son point d'ébullition, est celle que nous employons de préférence. Nous avons la précaution d'en avoir toujours assez d'avance pour ne nous en servir que cinq ou six mois après sa préparation, elle est alors meilleure et donne un vernis plus corsé et plus siccatif, selon que nous venons de le dire.

Description des appareils où s'exécutent les diverses opérations dont nous venons de parler et au moyen desquels on parvient rapidement à oxyder les huiles. (Fig. 2533, 2534 et 2535). A, foyer en briques dont le dessus est solidifié par des barres de fer, en dessous de la ligne de sol; B, chaudière d'ébullition en fer fondu ou en cuivre; C, maçonnerie en briques qui entoure la chaudière; D, cheminée; E, cendrier; F, chaudière de décharge; G, déversoir de la chaudière d'ébullition; H, couvercle de la chaudière d'ébullition armé d'une lame pour couvrir le déversoir; I, corde ou chaîne qui s'accroche au couvercle, qui s'appuie sur un rouleau contre le toit, traverse la muraille qui supporte la cheminée, va s'accrocher à un clou K planté dans la muraille derrière la chaudière; H, muraille qui supporte la cheminée D, et T le toit.

Dans beaucoup de fabriques on monte les chaudières au-dessus du foyer; elles ont d'ailleurs chacune leur déversoir. Nous nous sommes bien trouvés de l'appareil dont nous donnons les projections horizontales et verticales, parce que le fond de la chaudière n'est pas l'endroit le plus chaud, et qu'ainsi nos ingrédients ne s'y attachent pas aussi facilement; nous avons le soin aussi de ne laisser découverte que la moitié inférieure de la chaudière

Digitized by Google

qui se trouve ainsi chauffée seule dans une atmosphère de fumée brûlante, et comme la chaleur monte toujours, la chaudière est plus chauffée en X qu'en Z.

Nous allons, sans plus de préambule, passer à la description du travail qu'exigent les différentes espèces de copal pour les transformer en vernis.

Travail du vernis gras de copal dur.

Prenez : 3 kilogr. de copal dur cassé à grosseur d'aveline, et bien assorti sous les différents rapports que nous venons de signaler.
1k,50 d'huile de lin préparée par l'un des procédés indiqués ci-dessus.
4 à 5 kil. d'essence de térébenthine.

Manière d'opérer. Sur un fourneau bien allumé et contenant assez de charbon (de bois) pour pouvoir durer jusqu'à la fin de l'opération, car rien n'est dangereux comme de n'avoir pas assez de feu pour achever, sans éprouver le moindre retard, la fonte de la résine et son incorporation avec l'huile, comme nous le dirons plus loin, placez un matras bien nettoyé, dans lequel vous aurez mis les 3 kilogr. de copal et la spatule. Le copal ne tarde pas à fondre, c'est ce qu'une vapeur blanche vous indique, et cette vapeur augmente au fur et à mesure que l'opération de la fonte avance. La spatule vous sert à remuer le copal de temps en temps pour l'empêcher de se colorer en s'attachant au fond du matras; et la résistance de plus en plus faible qu'il oppose à son action vous avertit qu'il entre en fusion et que l'opération marche bien. Bientôt vous n'en sentez plus que quelques morceaux, et peu après vous ne sentez plus rien. Essayez alors si votre résine fondue est bien coulante, en gouttes bien détachées et tombant rapidement du bout de la spatule que vous avez retirée vivement du fond du matras, où elle reposait, jusqu'au niveau du bord supérieur. Lorsque votre résine est bien coulante, car vous devez lui donner le temps d'y arriver, mais non pas de dépasser cette limite, sous peine d'obtenir un vernis trop coloré, versez-y peu à peu, en mélangeant avec la spatule l'huile de lin, que vous avez fait chauffer à part à 150 degrés. L'huile ajoutée, agitez fortement la masse pour en opérer le mélange, puis essayez s'il est bien fait, et pour cela faites-en tomber une goutte, du bout de la spatule, sur une vitre que vous tenez à la main. Si la goutte n'est pas très limpide et très brillante, attendez un moment, elle le deviendra bientôt; le mélange, alors seulement, sera parfait. Il ne vous reste plus qu'à enlever vivement le matras du feu et à le porter sous le robinet de la velte d'essence placée sur le trépied. Laissez le vernis se refroidir (*suer*, en terme de fabrique) pendant quelques minutes, sans le remuer, mais en surveillant toutefois s'il ne monte pas en mousse et s'il ne tend pas à sortir du matras en écume, auquel cas il faudrait le remuer fortement avec la spatule, et si l'on ne pouvait pas réussir à le calmer ainsi, il faudrait en outre ouvrir le robinet de l'essence pour l'y faire couler par filet, en remuant avec la spatule, non pas au fond du matras, mais seulement à la partie supérieure pour couper l'écume à l'endroit où l'étranglement du goulot rend cette précaution plus nécessaire. L'introduction et l'accès de l'air que vous facilitez ainsi d'un côté, l'addition d'essence froide de l'autre, auront bientôt calmé l'effervescence. L'écume s'affaissera, disparaîtra bientôt tout à fait. L'essence froide tombant dans le vernis bouillant se réduira en vapeurs épaisses, emportant avec elles une bonne partie de l'eau que cette huile contient presque toujours. Laissez toujours couler votre essence par filet que vous augmenterez même peu à peu; il est inutile de remuer le vernis pour en opérer le mélange avec l'essence, tant qu'il se dégage des vapeurs : il existe dans le matras, par le fait même de cette évaporation, une agitation telle qu'elle suffit, et au-delà, pour l'incorporation de l'un avec l'autre; mais lorsque cette évaporation diminue, non seulement il faut ouvrir davantage le robinet, mais il faut agiter fortement le mélange. Enfin, lorsque la plus grande chaleur est passée, et qu'il n'y a plus à craindre que le vernis soit projeté au loin par une addition d'essence plus abondante à la fois que celle qu'on a faite jusque-là, fermez le robinet, prenez la velte d'essence d'une main, versez-en le contenu dans le vernis en ayant soin de bien agiter, avec la spatule que vous tenez de l'autre main, afin d'obtenir un mélange bien homogène, et l'opération est terminée tout aussitôt que vous avez achevé d'y verser la dose d'essence convenable. Essayez alors si le vernis résultant est bien transparent et s'il est corsé à point; pour cela faites-en tomber une goutte sur une vitre. S'il est limpide, il est bon, s'il ne l'est pas, reportez-le sur le feu, il le deviendra au premier bouillon. S'il est trop corsé, ajoutez-y encore un peu d'essence. S'il est trop peu corsé, il n'y a pas de remède. Seulement à la dose suivante vous aurez le soin de ne plus y mettre autant d'essence.

Il ne vous reste plus qu'à verser le vernis dans le refroidissoir, à travers le tamis, et à le laisser en repos jusqu'à son entier refroidissement. Quant au matras, immédiatement après en avoir vidé le vernis, et pendant que ce vernis filtre à travers les mailles du tamis, rincez-le avec un peu d'essence que vous jetterez ensuite sur le tamis pour la réunir au vernis. Puis, vous mettrez le matras à égoutter sur une tine pour récolter ainsi le peu de vernis qui y reste. Au bout de cinq minutes, vous pouvez relever le matras, y mettre une nouvelle dose de résine et la porter sur le feu pour recommencer une autre expérience.

Travail des vernis gras au copal demi-dur. — Première méthode.

Prenez : Copal demi-dur. 3k
Huile de lin préparée. . . 1k,50 au plus
Essence de térébenthine. . 4 à 5k

Manière d'opérer. Absolument les mêmes manipulations et, en cas d'accident, la même manière d'y parer que pour le copal dur.

Vous remarquerez seulement que le copal demi-dur fond beaucoup plus facilement et qu'il fournit en fondant beaucoup plus de vapeurs que le copal dur; en d'autres termes, qu'il résiste moins au feu que ce dernier, qu'il y est plus facilement et plus profondément décomposé, et que les produits de sa décomposition, les gaz, l'huile volatile et l'eau sont plus abondants, et que par suite il supporte moins d'huile et d'essence que ne le fait le copal dur. Aussi les accidents énumérés au travail du copal dur sont-ils plus fréquents avec le copal demi-dur et sont-ils plus à craindre, comme nous allons le démontrer sommairement.

Nous avons dit que lorsque le copal dur avait langui sur le feu (*qu'on avait fait perruque*), qu'un bon feu rétablissait les choses, qu'on en était quitte, à moins que l'accident ne fût complet, pour avoir un vernis un peu plus coloré qu'il ne le devrait être; il n'en est pas de même avec le copal demi-dur, car, et précisément à cause de la facilité avec laquelle il se décompose, le long temps où l'on doit alors le laisser sur le feu pour l'amener au point de fusion propre à le rendre miscible à l'huile, le dénature presque totalement, et il ne fournit plus alors qu'un vernis noir, peu siccatif, et surtout en petite quantité; car, pour peu qu'on y mette d'huile et d'essence, il a perdu toute consistance de vernis.

Si, d'un autre côté, vous ne cuisez pas assez cette espèce de résine, en d'autres termes, si vous n'expulsez pas assez complétement, au moyen d'une évaporation suffisante, les parties décomposées par l'action du feu, vous comprendrez facilement que les accidents qui,

Digitized by Google

dans le copal dur, résultent du trop peu de cuisson, se développeront ici d'autant plus intenses que les matières à expulser seront restées en plus grande quantité dans la résine fondue; que, par suite, le mélange d'huile et de résine sera moins intime, moins stable, qu'il ne tiendra pas dans l'essence qui, elle-même, renfermant presque toujours de l'eau, ne fera que favoriser cette séparation (*galette*, en terme de fabrique).

Mais si vous la cuisez trop, vous ne faites plus que très peu de vernis de mauvaise qualité: il est donc préférable de rester en deçà de cette limite, c'est-à-dire de la cuire plutôt un peu moins qu'un peu trop. Lors donc que la résine fondue est bien coulante, ajoutez-y l'huile, laissez alors le vernis faire un bouillon, puis portez-le sous le robinet de la velte d'essence, *éteignez-le* de suite le plus chaud possible, vous perdrez sans doute beaucoup d'essence en vapeurs, mais vous la dépouillerez ainsi d'une bonne partie de l'eau qu'elle peut contenir; enfin, et tout aussitôt que vous y aurez mis toute l'essence nécessaire, sans tarder un instant, reportez le vernis sur le feu, où vous le maintiendrez jusqu'à ce qu'il bouille et qu'il se soit couvert d'écume, vous achèverez ainsi de le dépouiller de l'eau ou des matières nuisibles qu'il pourrait contenir encore; passez-le au tamis dans le refroidissoir, où, pour les mêmes raisons que celles rapportées alors que nous parlions des vernis à l'essence, vous le laisserez en repos se refroidir à l'air libre, et, grâce à toutes ces précautions, l'expérience l'a démontré, le vernis au copal demi-dur est aussi stable que celui au copal dur, et, comme lui, il ne fera que se bonifier par le temps.

Travail des vernis gras au copal demi-dur pour les intérieurs. — Deuxième méthode.

Prenez :	Copal demi-dur.	4k
	Huile de lin préparée et chauffée à 180 degrés. . . .	0k,500 à 1k
	Essence de térébenthine. . .	10 à 13k,50

Nous venons à l'instant de signaler les graves inconvénients qu'il y aurait à laisser le copal demi-dur languir sur le feu, se prendre en masse (faire *perruque*, en un mot), vu qu'il deviendrait impossible alors, en suivant la méthode de traitement ci-dessus décrite, d'en faire un bon vernis, aussi bon, s'entend, qu'on puisse le faire avec cette résine, qui ne vaut pas à beaucoup près le copal dur, comme chacun le sait. Dans le nouveau mode de traitement que nous allons indiquer il s'agit au contraire de faire perruque, mais perruque le plus complétement possible; c'est en cela seul que gît le plus ou moins de succès de l'opération, car le vernis résultant *boira* d'autant plus d'essence, et sera d'autant moins coloré, que vous aurez mieux réussi à compléter l'accident.

Le vernis que vous obtiendrez par ce procédé est, sans contredit, le plus mauvais des vernis gras qu'il soit possible d'employer pour les extérieurs, aussi doit-il être entièrement proscrit pour cet usage, mais comme il est incomparablement plus solide que les meilleurs vernis des deuxième et troisième genres, qu'il sèche tout aussi vite que les plus siccatifs d'entre eux, et, qu'en outre, il ne coûte pas cher, nous le recommandons, pour les intérieurs (de préférence aux vernis à l'esprit de vin ou à l'essence), toutes les fois qu'il s'agira de couleurs autres que les blancs purs ou les blancs veinés, ou d'appartements qu'on veut habiter immédiatement après qu'ils auront été vernis.

Manière d'opérer. Ayez un fourneau bien allumé, avec un feu violent, et qui ne manquera pas jusqu'à la fin de l'opération, et un autre fourneau avec un feu médiocre, sur lequel vous placerez d'abord votre résine afin de la faire languir, de la transformer en perruque. Lorsque votre résine est bien prise en masse, qu'elle est également mollasse dans toutes ses parties, qu'elle se tire bien en fils déliés comme des cheveux, que les morceaux restés entiers sont bien ramollis; en un mot, lorsque la perruque est complète et qu'il vous est impossible d'en arracher la spatule, versez-y alors votre huile, et tout aussitôt que vous l'aurez mélangée le mieux possible, enlevez votre matras du feu médiocre, et transportez-le sur votre fourneau au feu vif et même violent, car il s'agit alors de faire fondre la résine dans l'huile bouillante le plus rapidement possible; il ne faut donc plus remuer les matières, cela retarderait le moment de leur fusion.

Bientôt vous pourrez enlever votre spatule, et, si vous l'avez retirée vivement jusqu'aux bords supérieurs du matras, vous en verrez découler des gouttes d'huile et de copal mélangées, peu à peu la masse résineuse diminuera de volume; enfin lorsque vous la sentirez presque entièrement fondue, qu'il n'y restera plus qu'un petit noyau, retirez le matras du feu, posez-le sur une planchette, laissez-le en repos un moment, et, lorsque le petit noyau non fondu que vous y avez laissé aura disparu, portez votre vernis sous le robinet à l'essence, agitez-le fortement pour l'empêcher de sortir en écume du matras, ce qui ne manquerait pas d'arriver (vu que sa température est bien au-delà de 316 degrés, température à laquelle il est impossible d'empêcher l'huile de se répandre en mousse); au moyen de l'essence que vous y ferez couler et de l'agitation que vous maintiendrez rapide, sans toutefois descendre l'extrémité inférieure de la spatule au-delà du goulot du matras, car c'est cette partie qu'il faut principalement aérer, l'effervescence se calmera; l'essence continuant à couler par filet, ne cessez pas de remuer le vernis, tâtez s'il ne tend pas à se remettre en masse, et s'il se maintient bien limpide; pour peu qu'il louchisse, fermez le robinet, reportez le matras sur le feu où vous le laisserez jusqu'à ce que le vernis, bien fluide, soit redevenu bien transparent sur le verre, remettez-le alors sous le robinet, que vous ouvrirez, et ne cessez jamais un instant de bien agiter le vernis. Lorsque vous y aurez ajouté la moitié de la dose d'essence, fermez de nouveau le robinet, et reportez encore le vernis sur le feu pour le réchauffer; pendant ce temps, versez le restant de votre essence dans un petit matras étamé que vous aurez tout exprès pour cela, et faites-la chauffer sur l'autre fourneau, et lorsque le vernis sera bouillant et parfaitement limpide sur la vitre, tirez-le du feu, et ajoutez-y peu à peu, et toujours en le mélangeant, le restant de la dose d'essence chauffée; cela fait, reportez une dernière fois le vernis sur le feu, laissez-lui jeter un bouillon, et, lorsqu'il sera couvert d'écume, enlevez-le du fourneau et passez-le au tamis dans le refroidissoir.

Remarque. La théorie de cette deuxième méthode repose sur ce que le copal étant soluble dans l'huile bouillante, le devient plus facilement et plus rapidement, si on l'a préalablement ramolli au feu avant d'y ajouter l'huile bouillante qui doit le dissoudre; or, transformer son copal en une masse flexible, qui se tire bien en filets, où tous les morceaux ont perdu leur dureté naturelle pour devenir mollasses, former enfin du tout une espèce de pâte épaisse, *faire perruque*, en un mot, ce n'est, après tout, que ramollir sa résine avant d'y mettre l'huile bouillante.

Travail des vernis gras de copal tendre (résine de dammar friable).

Prenez :	Copal tendre.	4k
	Huile de lin préparée. . . .	0,500 à 1k
	Essence de térébenthine. . .	5 à 6k

Manière d'opérer. Cette résine fond très facilement à feu nu; laissez-la bien cuire; le moment d'y ajouter l'huile, chauffée à 120 degrés environ, étant venu (chose que l'expérience seule peut vous apprendre), ver-

Digitized by Google

sez l'huile, mêlez, laissez jeter quelques bouillons, voyez si vous avez mis trop ou trop peu d'huile (nous avons dit comment on s'en assurait); si le mélange est bien fait, retirez alors le matras du feu, mettez-le à consistance au moyen de l'essence de térébenthine, que vous aurez portée jusqu'à son degré d'ébullition, sans quoi vous feriez louche, vous feriez une *galette*, en terme de métier; immédiatement après y avoir mis l'essence, vous devez reporter le vernis sur le feu et l'y faire bouillir pour rendre sa décomposition impossible.

Travail des vernis gras au karabé ou succin. — Première méthode. Méthode *Watin.*

Prenez : Karabé. . . 4ᵏ;
Huile siccative. 1, 2, 3, 4 et même 6ᵏ;
Essence de térébenthine quantité suffisante;

que vous traiterez absolument comme le copal dur. Il faut quelque habitude pour bien réussir ce vernis.

Nous prévenons seulement que si l'on y met plus de 2 kilos d'huile, on doit se servir d'une huile très siccative, sans quoi le vernis sèchera mal.

Deuxième méthode. Méthode *Allemande.*

Manière de préparer le succin. Mettez le succin, pilé et tamisé, dans une casserole en fonte, de manière à en couvrir le fond, qui doit être plat, et tenez cette casserole sur le feu jusqu'à ce que le succin soit fondu et bien liquide; versez-le alors sur une plaque de fonte, afin de le refroidir subitement, cassez-le en petits morceaux : si sa cassure est de moitié moins brillante qu'avant sa fusion il est bon à être employé; il est essentiel qu'il ne soit ni trop ni trop peu brûlé. Le karabé, dans l'opération que nous venons d'indiquer, doit perdre la moitié de son poids; on doit avoir soin d'écumer pendant la fusion; ces écumes servent à faire des vernis de basse qualité.

Manière de préparer l'huile de lin.

Prenez : Litharge pulvérisée et tamisée. 0ᵏ,500
Sulfate de zinc en poudre. . . 0ᵏ,125
Huile de lin. . . . . 1 litre.

Mettez toutes ces substances dans un vase, qui ne soit rempli qu'à moitié, portez-les sur un feu où vous les ferez bouillir jusqu'à ce que toute l'humidité soit évaporée, ce que vous reconnaîtrez à une pellicule qui se forme sur le mélange (que vous remuerez de temps en temps, mais non constamment, de peur que la litharge ne se combine à l'huile et ne l'épaississe); tirez alors à clair en ayant soin de ne pas y mêler la partie épaisse.

Manière de faire le vernis.

Mettez dans une casserole en fonte :
1 partie de karabé rôti;
3 parties de l'huile de lin ci-dessus;

que vous porterez sur un feu lent jusqu'à l'entière dissolution du succin; après quoi vous y ajouterez, en mélangeant constamment, 1 parties d'essence de térébenthine; le vernis étant bien limpide, vous le passerez au tamis, et après qu'il sera refroidi, vous le renfermerez pour l'usage.

Troisième méthode. Méthode *Bompoix.*

Préparation de l'huile de lin. Mettez dans un sachet de toile :

Litharge en poudre, minium et céruse en poudre de chaque. . . . . 1 kil.
que vous suspendrez dans huile de lin. . . 5 kil.

de manière à ce qu'il ne touche pas le fond du vase que vous porterez sur le feu, et que vous ferez bouillir jusqu'à ce que l'huile commence à brunir; retirez alors le sachet et continuez à faire bouillir l'huile, en ajoutant une à une, et les retirant lorsqu'elles sont rissolées, 35 à 40 gousses d'ail; cela fait, fondez dans un autre vase : 2 kil. de succin.

Lorsqu'il est fondu et bien coulant, ajoutez-y :
3 kil. de l'huile ci-dessus.

Faites bouillir le tout pendant deux minutes, retirez le mélange du feu, passez-le au tamis et conservez-le pour l'usage.

Pour se servir de ce vernis, on le délaie dans l'essence et la couleur et l'on sèche au four; il résiste à l'eau bouillante.

FORMULES DE QUELQUES VERNIS SPÉCIAUX.

Vernis gras couleur d'or pour les métaux blancs auxquels on veut donner le ton de l'or, formule de Tingry.

Prenez : Succin d'un seul feu, ou succin préparé par la méthode allemande 0ᵏ,40
Gomme laque. 0ᵏ,40
Huile de lin siccative. . . . 0ᵏ,40
Essence de térébenthine. . . 0ᵏ,80

Liquéfiez séparément la gomme laque, ajoutez-y le succin en poudre, l'huile de lin et l'essence très chaudes; lorsque le mélange est bien opéré, retirez du feu, et après que la plus grande chaleur est passée, on y verse, en proportions relatives, des teintures à l'essence de rocou, terre mérite, gomme gutte et de sang-dragon.

Mordant à l'or.

Chaque doreur a sa recette particulière; pour nous, nous croyons que le meilleur des mordants, c'est une huile grasse siccative au maximum, dans laquelle on ajoutera soit un peu de vernis de copal dur, soit un peu de térébenthine fine, pour lui donner plus de corps et l'empêcher de couler.

Tingry recommande la formule suivante :

Prenez : Huile de lin siccative. . . . 10 parties.
Térébenthine de Venise. . . 5
Jaune de Naples. 3

On fait fondre la térébenthine dans l'huile, puis on y mélange le jaune de Naples en poudre extra-fine; on peut substituer la litharge au jaune de Naples.

Vernis noir pour métaux, tels que plateaux de cabaret, peignes, etc., à sécher au four.

Prenez : Copal demi-dur. 0ᵏ,120
Bitume de Judée naturel. . . 0ᵏ,030
Huile de lin très siccative. . . 0ᵏ,120
Essence de térébenthine. . . 0ᵏ,240

Fondez le copal seul, puis ajoutez le bitume en menus morceaux, puis l'huile, enfin l'essence.

Vernis japon pour équipages, etc.

Prenez : Copal dur. 3ᵏ
Bitume cuit pendant deux jours (1). . . . . 1ᵏ à 1ᵏ,25
Huile très siccative. . . . 2 à 3
Essence de térébenthine. . 6ᵏ,75

que vous traiterez comme il vient d'être dit.

On pourrait faire ce vernis avec du karabé : il serait plus solide, mais moins brillant.

Vernis au caoutchouc.

Prenez : Huile de lin siccative;
Caoutchouc coupé menu.

Portez l'huile sur le feu dans une casserolle en fer battu, trois fois plus spacieuse qu'il n'est nécessaire

(1) On fond le bitume de Judée et on le fait bouillir à petit feu pendant deux jours en le remuant sans cesse pour faciliter l'évaporation de la partie volatile qu'il contient et concentrer ainsi sa couleur qui passe du marron clair au marron noir : voilà ce que nous appelons bitume cuit pendant deux jours.

Digitized by Google

pour contenir la quantité d'huile ci-dessus; faites-la chauffer vivement jusqu'à ce qu'elle fume beaucoup et vous paraisse prête à s'enflammer; jetez-y alors un petit morceau de caoutchouc; si l'huile est assez chaude, il sera dissous de suite; vous pouvez alors y ajouter par portions le restant du caoutchouc; agitez le tout avec une tige en fer pour favoriser le mélange des parties dissoutes avec l'huile, et retirez la casserole du feu après l'incorporation complète des substances.

Ce vernis devient fort épais quand il est refroidi: pour s'en servir, on le chauffe et on l'étend sur la toile, avec un couteau, le plus également possible; il forme un bon enduit, parfaitement imperméable à l'eau, et dure très longtemps.

Le vernis de caoutchouc de Tingry ne sèche que très difficilement, celui-ci sèche au contraire très bien, surtout si on emploie une huile bien siccative.

Pour plus amples renseignements, soit sur la fabrication des vernis, soit sur les préparations et le choix des matières premières, nous renvoyons le lecteur à notre *Traité théorique et pratique sur l'art de faire les vernis* (Paris, 1845, chez L. Mathias, libraire).

TRIPIER-DEVEAUX.

VERRE (*angl.* glas, *all.* glass). On donne le nom de *verre*, dans l'acception la plus générale de ce mot, à tout corps transparent, ou du moins translucide, qui est aigre, cassant et sonore aux températures ordinaires, devient mou et ductile, puis se fond à une température élevée, et dont enfin la cassure à froid présente un éclat particulier bien défini, connu sous le nom d'éclat vitreux, de cassure vitreuse. En industrie, on restreint cette dénomination de verre aux composés de silice, de potasse ou de soude, et de chaux ou d'oxyde de plomb, seuls ou mélangés, donnant par la fusion une masse amorphe et transparente qui ne se dissout ni dans l'eau, ni dans aucun acide, l'acide hydro-fluorique excepté, lorsque le verre est de bonne qualité.

D'après Pline, la découverte du verre serait due à des voyageurs phéniciens, qui s'étant par hasard servis de natron pour construire un foyer sur le sable du désert, trouvèrent dans le foyer une combinaison fondue de silicate de soude; mais il est impossible d'admettre ce fait, qui suppose une température beaucoup plus élevée qu'elle ne pouvait l'être en pareil cas. Il est plutôt probable qu'elle est une suite des recherches de traitement des métaux par fusion, les gangues en se liquéfiant donnant des laitiers qui sont souvent de véritables verres. Toujours est-il certain que cette découverte est très ancienne, car il en est parlé dans l'Ecriture sainte: 1° dans le livre de Job, ch. XXVIII, vers. 17, et 2° dans le livre des Proverbes, ch. XXIII, vers. 31.

Théophraste, l'an 370 avant Jésus-Christ, cite des verreries phéniciennes situées à l'embouchure du fleuve Bélus. Les Egyptiens connaissaient aussi dès l'antiquité la plus reculée l'art de fabriquer les verres blancs et colorés, de les tailler et de les dorer, ainsi que le prouvent les parures en verre que l'on a trouvées sur plusieurs momies venant des catacombes de Thèbes et de Memphis.

Les Romains connaissaient le verre plus de deux siècles av. J.-C.; cependant ce ne fut que sous Néron que fut établie à Rome la première verrerie, et encore ne produisit-elle d'abord que de méchants verres à boire. Sous Alexandre Sévère, l'an 210 après J.-C., le nombre des verriers s'était tellement augmenté à Rome, qu'on crut devoir les consigner dans un quartier de la ville séparé.

Au moyen âge, Venise se distingua par ses verreries, qui furent reléguées, en 1291, à deux lieues de la ville, dans la presqu'île de Murano. C'est, dit-on, dans cet endroit que l'on fabriqua les premières glaces soufflées.

C'est aussi dans le moyen âge que la fabrication du verre s'introduisit en Bohême et y acquit, grâce à l'extrême pureté des matières premières, que l'on rencontre en abondance dans ce pays, une supériorité et une réputation qui se sont soutenues jusqu'à nos jours.

Nous indiquerons plus tard la composition des diverses espèces de verres en parlant de chacune d'elles, et auparavant nous allons dire quelques mots des *propriétés générales* du verre.

La transparence et la blancheur sont les premières qualités du verre; pour les obtenir, il faut employer des matières premières extrêmement pures, et ajouter le moins de fondants possible.

Un excès de potasse donne au verre une teinte verdâtre, la soude et ses sels lui donnent une teinte jaunâtre, et l'excès de chaux le rend laiteux. Une très faible quantité de sulfate de potasse ou de soude lui donne une couleur vert-brun jaunâtre ou noirâtre. Le fer le colore fortement en vert bouteille, et le manganèse, employé en excès pour enlever la coloration due à l'oxyde de fer, lui donne une teinte bleue, qui devient d'un violet prononcé par l'action de la lumière solaire.

Si le minium employé dans la fabrication des cristaux renferme un peu d'oxyde de cuivre, ce qui arrive très souvent, le cristal prend une légère teinte vert d'émeraude.

Le charbon colore les verres en jaune topaze plus ou moins foncé, allant même jusqu'au pourpre; aussi, il est impossible d'obtenir un verre parfaitement blanc dans les fours qui fument, ainsi que dans ceux que l'on chauffe avec de la tourbe, du lignite ou de la houille; dans ce cas, pour obtenir des verres blancs, il faut employer des creusets couverts ou cornues, comme dans les cristalleries où l'on est amené à la même solution par la nécessité de soustraire le silicate de plomb au contact d'une flamme ou fumée réductrice. Il faut aussi avoir soin, en vertu de ce pouvoir colorant du charbon, lorsqu'on remplace dans la fabrication du verre les carbonates alcalins par le sulfate de soude, d'ajouter dans les creusets un peu moins de charbon (seulement 1/13 à 1/15 du poids du sulfate) qu'il n'en faudrait pour réduire complétement le sulfate, et encore n'obtient-on en général par ce procédé que des verres communs, parce que le léger excès de sulfate de soude que l'on y laisse, bien qu'on en retire la majeure partie par l'écumage, leur donne presque toujours une teinte brun-noirâtre plus ou moins prononcée.

Le verre est parfaitement élastique entre certaines limites, et en général très sonore.

Les verres non plombeux et surtout les verres de Bohême sont assez durs, lorsqu'ils sont bien fabriqués, pour faire feu sous le briquet et pour ne se laisser que très difficilement rayer par une pointe d'acier. Les verres plombeux, au contraire, ont peu de dureté, et d'autant moins qu'ils contiennent plus d'oxyde de plomb; aussi perdent-ils promptement leur éclat par l'usage.

Tous les verres sont plus ou moins fusibles; lorsqu'ils sont ramollis par l'action de la chaleur, ils se travaillent avec la plus grande facilité, et peuvent se tirer en fils aussi fins que ceux d'un cocon de ver à soie.

Les verres à base de soude sont plus fusibles et plus durs que ceux à base de potasse. Le verre, lorsqu'il est soumis à un refroidissement rapide, devient très fragile et présente divers phénomènes, qu'on a comparés à tort à la trempe de l'acier, et parmi lesquels nous citerons pour exemple les *larmes bataviques* et les *flacons de Bologne*. Les larmes bataviques sont des gouttes de verre fondu que l'on refroidit brusquement en les laissant tomber dans l'eau, et qui ont la forme d'un ovoïde allongé en une queue qui se termine en pointe très effilée; lorsqu'on vient à casser le bout de la queue, toute la masse se réduit en poussière avec une légère détona-

Digitized by Google

tion. Les flacons de Bologne sont de petits flacons refroidis brusquement, et qui volent en éclats lorsqu'on agite dans l'intérieur un fragment de pierre susceptible de le rayer. Dans ces deux cas, les molécules intérieures sont dans un état d'équilibre forcé, maintenu seulement par la solidarité de celles qui sont à la surface, et qui se trouve détruit dès l'instant où l'on produit une solution de continuité quelconque dans l'enveloppe.

On diminue l'extrême fragilité du verre en soumettant les objets fabriqués à un *recuit*, c'est-à-dire à un refroidissement plus ou moins lent. Les verres supportent d'autant mieux les variations de température qu'ils ont été refroidis plus lentement; aussi peut on, lorsqu'ils ont été peu ou pas recuits, diminuer considérablement leur fragilité en les faisant recuire dans de l'eau, ou mieux dans de l'huile bouillante que l'on laisse ensuite refroidir lentement.

Tous les verres exposés pendant un temps plus ou moins long à une température assez élevée, quoique trop faible pour les fondre, perdent leur transparence, et deviennent extrêmement durs, moins fusibles et beaucoup moins fragiles qu'auparavant; ils perdent alors en général une partie de leur alcali, et se transforment presque en véritable grès-cérames fins; il se passe alors un phénomène tout à fait analogue à celui que nous voyons se produire journellement par suite d'un refroidissement lent dans les laitiers de nos hauts-fourneaux, et surtout dans les laves volcaniques. Les verres communs, et surtout les verres à bouteilles, se dévitrifient beaucoup plus facilement que les verres à base de potasse et de chaux, et les verres plombeux.

Quand le verre n'a point été recuit, on le coupe très facilement en lui faisant éprouver un changement de température un peu brusque; les verriers se servent à chaque instant de cette propriété pour détacher de la canne les vases qu'ils façonnent, pour ouvrir les manchons de verre à vitres, etc. Lorsque le verre a été recuit, on le coupe avec un diamant à arêtes curvilignes.

La densité des verres varie avec leur composition, comme l'indiquent les nombres suivants :

Ancien verre de Bohême (Dumas). .	2,396
Verre à vitre de Bohême.	2,642
Verres fins dits cristaux de Bohême.	2,892
Verre à bouteilles.	2,732
Crownglas (verre d'optique). . .	2,487
Glaces coulées de Saint-Gobain. . .	2,488
Glaces soufflées de Cherbourg. . .	2,506
Glaces soufflées de Neuhaus (1830)..	2,564
Flintglas (verre d'optique). . . .	2,3 à 2,6
Cristal ordinaire à base de plomb. .	2,9 à 3,3

Plus un verre est dur et infusible, moins il est altérable par l'action des agents atmosphériques et chimiques, l'acide hydrofluorique excepté. Les verres trop alcalins attirent peu à peu l'humidité de l'air, en perdant leur éclat et leur poli. Beaucoup de verres se laissent notablement attaquer par une ébullition prolongée avec de l'eau, et, *à fortiori*, par les dissolutions alcalines et acides; ainsi, il n'est pas rare de voir des verres à bouteille attaqués par le tartre qui se trouve dans le vin. En général, on peut dire que tous les verres qui se laissent sensiblement attaquer, ou perdent leur poli par une ébullition prolongée avec des dissolutions concentrées d'alun, de sel marin, d'acide sulfurique ou de potasse, sont de mauvaise qualité. C'est faute d'avoir essayé leurs bouteilles, par l'un des procédés ci-dessus, que nombre de personnes perdent journellement des quantités de vins considérables.

Choix et préparation des matières premières.

Matières siliceuses. Pour les verres fins dits cristaux de Bohême, on se sert de quarz pur que l'on chauffe dans des fours à réverbère, que l'on étonne ensuite en le jetant tout rouge dans de l'eau froide, et que l'on bocarde à sec. En Angleterre, on se sert, pour la fabrication du cristal, de silex de la craie étonnés et pulvérisés. En France, on emploie généralement des sables siliceux aussi exempts de fer que possible. Pour les verres communs, on se sert de sables moins purs, et pour les verres à bouteilles, on se sert de sable ordinaire et même de roches feldspathiques, ou de laves volcaniques.

Potasse. Presque tous les verres de Venise et de Bohême sont à base de potasse. La potasse du commerce vient en grande partie de Hongrie, de Russie ou d'Amérique. On la purifie en la traitant à froid par son poids d'eau, décantant, évaporant à siccité la liqueur décantée, et calcinant la potasse obtenue assez fortement pour la fritter. Enfin, pour la fabrication des verres fins, on purifie la potasse précédente en la traitant de nouveau comme il vient d'être dit, mais seulement avec la moitié de son poids d'eau; les sulfates et chlorures qui pouvaient encore s'y trouver, étant moins solubles que le carbonate, restent sans se dissoudre. Un essai alcalimétrique donne le titre de cette potasse, mais il n'indique nullement la nature et la proportion des matières étrangères nuisibles qu'il peut contenir; il faut, lorsqu'on tient à faire de beaux verres, et que l'on veut déterminer la valeur réelle d'une potasse, remplacer, dans l'un des pots où l'on fait du verre fin, la potasse ordinairement employée, par son poids de la potasse à essayer, et comparer les objets fabriqués avec le verre obtenu, avec des verres titrés, préparés une fois pour toutes, en faisant varier la qualité et la quantité de l'alcali.

Soude. En France et en Angleterre, bien que la soude et ses sels donnent au verre une teinte jaunâtre très sensible, on les emploie presque exclusivement à cause de leur bas prix relatif. Les verriers se servent surtout de la soude artificielle préparée par le procédé Leblanc.

Sulfate de soude. Depuis quelques années, on emploie beaucoup en France le sulfate de soude pour la fabrication du verre à vitre et du verre à bouteilles, en place du carbonate de soude qui est d'un prix notablement plus élevé. Il faut y ajouter 1/13 de son poids de charbons afin de faciliter sa réduction en présence de la chaux et de la silice.

Sel marin. On a aussi quelquefois essayé de remplacer le carbonate et le sulfate de soude par du sel marin; il n'est pas douteux que cette substitution, qui n'a pas encore été suffisamment étudiée, finira par être plus tard adoptée pour la fabrication des verres communs.

Chaux. En Bohême on se sert de chaux obtenue par la calcination d'un calcaire saccharoïde blanc extrêmement pur. Dans les autres pays, on se sert également de chaux très pures et aussi exemptes que possible de fer, excepté pour les verres à bouteilles. Quelquefois, mais rarement, et seulement pour les verres communs, on remplace la chaux par de la craie ou une autre variété de carbonate de chaux; on emploie aussi avec beaucoup d'avantages la chaux qui a servi à préparer des bains alcalins caustiques, parce que cette chaux retient toujours une certaine proportion d'alcali, ce qui réduit d'autant celle à ajouter au mélange.

Alumine. Dans les verres à bouteilles, où l'on cherche à diminuer le prix de revient en réduisant la proportion d'alcali employée, il est nécessaire d'augmenter la fusibilité du mélange, en y introduisant un plus grand nombre de bases, principalement de l'alumine, soit à l'état d'argile, soit à l'état de cendres végétales.

Baryte. On sait que la baryte est un excellent fondant, aussi obtient-on, avec un mélange de silice, de baryte et d'alcali, de très beaux verres qui se travaillent facilement, et qui ont un éclat bien supérieur aux

Digitized by Google

verres non plombeux à base de chaux ; ils ne le cèdent que très peu sous ce rapport aux cristaux plombifères dont ils n'offrent pas les inconvénients, aussi il n'est pas douteux que la fabrication des verres à base de baryte serait très répandue si cette matière était plus commune. On peut la remplacer par le sulfate de baryte, qui se trouve en certaine abondance, sous la forme de filons, dans certaines localités, en y ajoutant une quantité de charbon un peu moindre que celle qui serait nécessaire pour transformer l'acide sulfurique du sulfate en acide sulfureux.

Oxyde de plomb. L'oxyde de plomb forme la base des cristaux ordinaires ; on l'emploie toujours à un état d'oxydation supérieur, c'est-à-dire à l'état de minium. Il est essentiel qu'il ne renferme pas de cuivre, la moindre trace de ce métal colorant fortement le verre ; il faut aussi qu'il ne soit pas argentifère, l'argent ayant un pouvoir colorant jaune fort intense.

Peroxyde de manganèse. Le peroxyde de manganèse sert à détruire la couleur vert-bouteille du verre coloré par un peu de protoxyde de fer, aussi est-il connu sous le nom de *savon des verriers*.

Arsenic. L'arsenic, à l'état d'acide arsénieux, est très employé en Bohême :

1° Pour détruire la teinte verdâtre due à des traces de protoxyde de fer qu'il fait passer à l'état de peroxyde ;

2° Pour détruire la teinte jaune que prend le verre si le four fume, ou si le bois en pétillant y lance quelques escarbilles de charbon ;

3° Pour agiter enfin, en se volatilisant (cette volatilisation est complète, du moins l'analyse n'en indique plus de traces dans le verre), la matière fondue, et à favoriser le dégagement des bulles, c'est-à-dire à accélérer l'affinage du verre.

Nitrates de potasse et de soude. Les nitrates de potasse et de soude sont employés dans quelques usines concurremment avec l'acide arsénieux pour produire les mêmes effets. On s'en sert aussi dans la fabrication de certains verres colorés.

Calcin, débris de travail, etc. Les débris du travail même, les vieux verres cassés, le verre qui s'écoule sur la sole du four par suite d'accidents arrivés aux pots de verrerie, etc., sont concassés, lavés et classés d'après leur nature, leur couleur et leur pureté, et ordinairement employés dans la fabrication des verres communs. Les débris du travail des verres fins sont seuls employés à la fabrication des verres blancs de gobeleterie.

Combustibles. Dans les verreries d'Allemagne et des bords du Rhin, on chauffe les fours avec du bois. Quelquefois ce bois est seulement séché à l'air libre ; mais, le plus souvent, on achève de le dessécher, et même on le torréfie légèrement, avant de l'employer, dans des caisses en fonte chauffées extérieurement par les flammes perdues des fours de fusion ou des fours à recuire. Par la torréfaction préalable du bois, on réalise une économie d'environ 10 p. 100 sur le combustible, et la conduite du feu devient beaucoup plus facile.

En France, sauf l'Alsace, en Belgique et en Angleterre, les fours de verreries sont presque tous chauffés à la houille.

Fours et creusets employés dans les verreries.

Fours. Les fours employés dans les verreries sont de formes très variées ; nous les décrirons avec détail en leur lieu, et nous n'en dirons ici que quelques mots. Ces fours sont de diverses espèces, selon l'usage auquel ils sont destinés ; nous distinguerons les suivants :

Les *fours de fusion*, qui sont de forme ronde, elliptique ou rectangulaire ; dans tous les cas, il règne sur la totalité ou seulement une partie du pourtour une banquette sur laquelle on place les pots ; dans la voûte, au-dessus des pots et vis-à-vis de chacun d'eux, sont ménagées des ouvertures ou embrasures de travail par lesquelles on *cueille* le verre pour le travailler, on réchauffe les objets ébauchés, etc. Lorsqu'on opère dans des creusets fermés, le col des creusets vient remplir cette embrasure.

Les *fours à fritter* les matières premières et *à recuire* les objets fabriqués, qui sont des fours à réverbère chauffés tantôt à flammes perdues, tantôt par un foyer particulier, et qui sont continus ou discontinus.

Enfin les *fours à étendre* les manchons de verre pour la fabrication du verre à vitres.

Creusets. Les creusets ou pots dans lesquels on opère la fusion et l'affinage du verre se font à la main, avec ou sans moule extérieur, avec un mélange d'argile réfractaire crue et de quarz ou d'argile cuite, ou enfin de débris d'anciens pots de verrerie concassés et triés, finement pulvérisés, et marchés, pour le rendre plus intime.

La confection des creusets est peut-être la chose la plus importante d'une verrerie, et souvent de leur durée dépend la réussite commerciale de l'usine ; on ne saurait donc apporter trop de soins tant à leur fabrication qu'au choix et au mélange des argiles et ciments. Les creusets sont d'abord séchés à l'air libre, puis souvent à l'étuve, et enfin ils sont cuits tantôt dans un four à recuire particulier, tantôt à flammes perdues. Lorsqu'un creuset est fêlé ou percé, dans le courant de la campagne, on le retire quelquefois par une des embrasures qui a reçu, à cet effet, des dimensions suffisantes et plus considérables que celles des autres embrasures de travail, et on le remplace par un creuset neuf préalablement porté au rouge blanc, que l'on introduit par la même embrasure. Le plus souvent on opère le remplacement des creusets en détruisant le petit mur qui forme la paroi contiguë du four ou qui ferme une ouverture *ad hoc*.

Comme nous l'avons dit en commençant cet article, on se sert, suivant les cas, de creusets ouverts ou de creusets couverts ; ces derniers sont de véritables cornues à col très court.

Des diverses espèces de verres et de leur fabrication.

VERRE SOLUBLE DE FUCHS. Ce verre se prépare en fondant dans un creuset réfractaire un mélange de 10 parties de potasse du commerce purifiée et frittée, 15 p. de quarz finement pulvérisé, et 1 p. de charbon, et laissant le mélange sur le feu jusqu'à ce que le verre soit parfaitement fondu. On coule alors le verre obtenu, on le pulvérise et on le traite par 4 à 5 fois son poids d'eau bouillante. On obtient ainsi une solution qui, appliquée sur d'autres corps, sèche rapidement au contact de l'air en laissant un enduit vitreux sensiblement inaltérable par l'humidité et l'acide carbonique. On s'est servi avec avantage du verre soluble pour préserver contre l'incendie des bois, des toiles, des décors de spectacle, etc. C'est aussi un excellent ciment pour recoller les objets en verre ou en porcelaine qui ne sont pas destinés à renfermer de l'eau bouillante.

VERRE A BOUTEILLES. Dans la fabrication du verre à bouteilles, on doit surtout se préoccuper d'abaisser le prix de revient ; on y parvient en formant des silicates à un grand nombre de bases qui, étant plus fusibles, toutes choses égales d'ailleurs, que ceux à base de chaux et d'alcali seulement, permettent de réduire notablement la proportion d'alcali à employer. Si la potasse était moins chère, on arriverait également à réduire la proportion d'alcali, en remplaçant dans cette fabrication la soude par un mélange de soude et de potasse. En général, et toujours dans le but d'économie, on se sert d'un mélange de sulfate de soude et de charbon au lieu de carbonate de soude. Les matières premières de cette fabrication sont très variées et détermi-

Digitized by Google

nées exclusivement par les localités; ainsi ce sont des sables ferrugineux ou non, des argiles, des marnes, de la vase des rivières ou des bords de la mer, de la craie, de la chaux délitée, des cendres végétales brutes ou lessivées, des roches volcaniques telles que des basaltes, des ponces, des laves, du *fiel de verre* (mélange de sulfates et de chlorures alcalins provenant de l'écumage des pots de verrerie dans la fabrication des verres communs), des sulfates de baryte et de soude, du calcin, etc. Il est rare que l'on ait recours à l'analyse pour déterminer les proportions du mélange; on préfère ordinairement faire des essais directs dans de petits creusets que l'on introduit dans le four de fusion.

Malgré cette variété dans les matières premières, les verres à bouteilles sont des silicates multiples dans lesquels la quantité d'oxygène de la silice est toujours à très peu près les 5/2 de la somme des quantités d'oxygène que renferment les bases.

Voici d'ailleurs, d'après M. Berthier, les analyses de trois verres à bouteilles de bonne qualité :

	(1)	(2)	(3)
Silice	0,600	0,604	0,596
Chaux	0,223	0,207	0,180
Baryte	»	0,009	»
Soude et potasse	0,031	0,032	0,032
Magnésie	»	0,006	0,070
Alumine	0,080	0,104	0,068
Oxyde de fer	0,040	0,038	0,044
Oxyde de manganèse.	0,012	»	0,004
Acide phosphorique	0,004	»	»
	0,990	1,000	0,994

(1) Verre de Souvigny, près Moulins (département de l'Allier).

(2) Verre de Saint-Etienne (département de la Loire).

(3) Verre d'Epinal, près d'Autun (département de Saône-et-Loire).

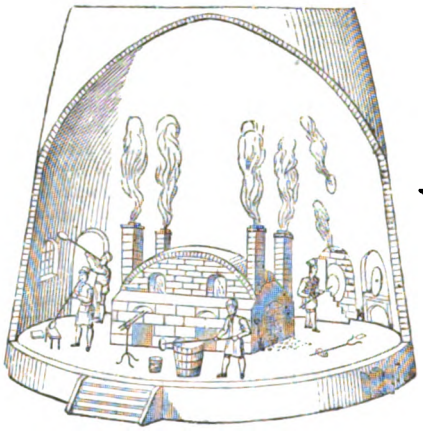
Ces analyses, comparées avec celles des matières premières dont on peut disposer dans chaque localité et avec le prix de ces matières, permettent de déterminer de prime-abord la composition approximative du mélange à employer, sauf l'alcali, dont on doit augmenter la proportion, parce qu'il s'en volatilise de 20 à 25 p. 100 pendant la fusion et l'affinage du verre.

En général, nos verres à bouteilles sont colorés en vert bouteille très foncé par du protoxyde de fer. Les verres à bouteilles que l'on fabrique sur les bords du Rhin sont, au contraire, fortement colorés en jaune; cette couleur s'obtient assez facilement par quelques tâtonnements au moyen d'un mélange de peroxyde de manganèse et de fer.

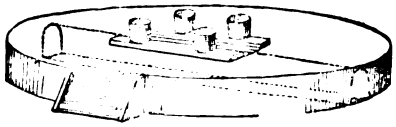
Le four de fusion généralement employé en France et en Belgique est représenté en plan et en élévation par les fig. 2536 et 2537. Ce four est rectangulaire et chauffé à la houille ; il renferme quatre à dix pots (il y en a six, 1, 2, 3, 4, 5 et 6, sur les figures), placés sur deux banquettes disposées latéralement de chaque côté de la grille. Chacune des banquettes et le vide qui existe entre elles ont 0m,90 de large, ce qui fait pour le four une largeur totale de 2m,90 ; la grille est à 1m,20 en contre-bas des banquettes, et a 0m,30 de large. Les pots ont extérieurement 0m,95 à l'ouverture, 0m,80 à la base et 0m,95 de hauteur; leur épaisseur est de 0m,05 à l'ouverture, et augmente jusqu'à 0m,10 à la base. La voûte a 0m,30 de flèche et est à la clef à 1m,80 au-dessus des banquettes. On retire les pots fêlés et on les remplace par des pots neufs soit en détruisant l'un des murs 8, 9 et 10, soit en débouchant une embrasure murée placée à l'une des extrémités du fourneau, au-dessus des portes de chargement de la grille. Au-dessus de chaque pot se trouve une embrasure de travail par laquelle on charge les pots, on cueille le verre, etc.

En Angleterre, les fours de fusion sont placés sous une grande halle conique de 20 à 30 mètres de hauteur (fig. 2538 et 2539), qui sert de cheminée d'appel pour entraîner les fumées qui s'échappent par les petites cheminées placées aux angles du four.

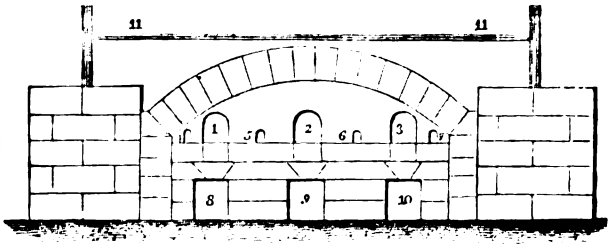
2538.



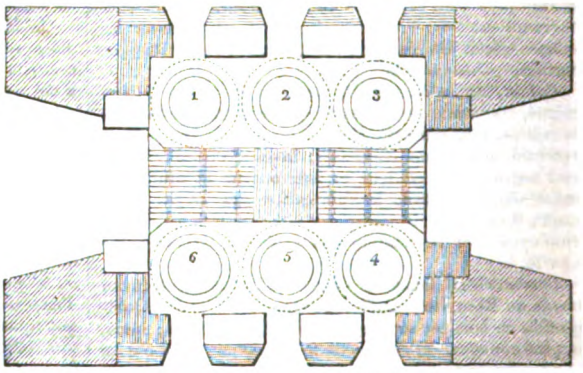
2539.



2536.



2537.



Digitized by Google

Pour augmenter la charge des creusets, il est d'usage de fritter préalablement les matières premières, isolément ou mélangées, dans des fours desservis par un foyer particulier ou chauffé par les flammes perdues du four de fusion, et de les introduire rouges dans les pots; à mesure que la matière se fond et s'affaisse dans ceux-ci, on en charge de nouvelle.

Dès que les pots sont chargés, on pousse vivement le feu en piquant souvent la grille et en n'y entretenant qu'une épaisseur de houille de 0m,15 environ. Peu à peu le mélange contenu dans les pots entre en fusion, et il commence bientôt à se dégager du milieu de la masse fluide de très petites bulles gazeuses. On continue à pousser le feu, et, dans quelques usines, on agite de temps en temps la masse fondue avec un morceau de bois, dans le but de faciliter et d'activer le dégagement des bulles gazeuses, qui augmentent peu à peu de grosseur. On juge que l'affinage touche à sa fin lorsqu'il ne se forme plus dans le verre que de rares et grosses bulles; on cesse alors d'agiter le bain, et on le laisse reposer pendant quelque temps, en ralentissant le feu, de telle sorte que le verre puisse prendre assez de consistance pour se laisser aisément travailler; à cet effet, on charge beaucoup de menue houille et d'escarbilles sur la grille, et on cesse de la piquer pendant toute la durée du travail du verre. La fonte et l'affinage du verre à bouteilles durent ordinairement de 8 à 12 heures, suivant les mélanges employés, la construction et la capacité des fours, etc.

Le verre étant arrivé à consistance convenable, l'aide cueille avec la canne une quantité de verre suffisante et la passe au souffleur : la canne est une tige de fer creuse; nous recommanderons en France l'usage de celle dont on se sert en Bohême : elle est très légère, a 1m,50 de long, pèse de 5 à 6 kilogr. et est munie à son extrémité d'un manchon en bois de 0m,30 à 0m,35 de longueur, destiné à en faciliter la manœuvre. Le souffleur, après avoir reçu la canne, forme peu à peu la panse de la bouteille, en soufflant et tournant continuellement; il la termine ensuite dans un moule en continuant à tourner rapidement et à souffler. Il relève ensuite la canne, et, tenant la bouteille verticale et renversée, il enfonce le cul. On fixe alors une autre canne au côté opposé, dans l'enfoncement, on coupe le col, on en arrondit le bord, et on place le cordon simple ou double qui doit le renforcer. On ajoute ensuite, s'il y a lieu, un pontil en verre sur lequel on imprime un cachet. Après cela la canne est transmise à l'aide, qui la porte dans le four à recuire et en détache la bouteille au moyen d'un léger choc. En France, on se sert, en général, d'un moule d'une seule pièce; en Allemagne, on emploie des moules en bois de deux pièces, que l'on a soin de mouiller intérieurement avant de s'en servir. Le recuit s'opère de deux manières différentes : tantôt le four est préalablement chauffé au rouge sombre, et lorsqu'il est rempli de bouteilles, on ferme toutes les issues et on le laisse refroidir lentement; tantôt il consiste en une longue galerie, dans laquelle la chaleur au rouge sombre à l'une des extrémités va en décroissant jusqu'à l'autre bout où elle est presque nulle; on place les objets à recuire dans de petits chariots, que l'on attelle les uns à la suite des autres et que l'on fait avancer peu à peu d'un bout à l'autre de la galerie avec une vitesse qui dépend de la lenteur du refroidissement que l'on veut obtenir. On consomme en France moyennement un hectolitre de charbon de terre pour 35 bouteilles prêtes à être livrées au commerce.

VERRE DE GOBELETERIE COMMUNE. Ce verre, destiné à la fabrication des ustensiles de chimie, comme cornues, fioles, matras, etc., des verres ordinaires, etc., a à peu près la même composition que le *verre à vitres*, dont nous parlerons plus loin, et se fabrique dans les mêmes fours.

VERRE A VITRES. Ce verre est en général à base de soude; les analyses suivantes donneront une idée de sa composition habituelle :

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Silice . .	0,697	0,685	0,685	0,687	0,693	0,680	0,690
Soude . .	0,152	0,129	0,137	0,177	0,113	0,101	0,111
Chaux. .	0,133	0,162	0,078	0,096	0,172	0,143	0,125
Alumine.	0,018	0,024	0,100	0,040	0,022	0,076	0,074
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

(1), (2) et (3) Verre à vitres moyennement dur, de fabrication française (Dumas).

(4) Verre à vitres peu dur, de fabrication française (Dumas).

(5) et (6) Verre à vitres dur, de fabrication française (Dumas).

(7) Verre à vitres, de fabrication anglaise (Dumas).

Ce verre, selon qu'il est plus ou moins blanc, sert à fabriquer des vitres, globes et autres objets de gobeleterie plus ou moins fins. Les matières premières de sa fabrication sont : le sable siliceux, aussi exempt de fer que possible; la craie ou la chaux grasse éteinte; le carbonate de soude, ou plus généralement un mélange de sulfate de soude et de charbon, et le calcin ou *groisil*. On enlève ordinairement la teinte verdâtre qu'il peut devoir à des traces d'oxyde de fer renfermées dans les matières précitées, en y ajoutant un peu de peroxyde de manganèse, et quelquefois d'arsenic blanc et d'oxyde de cobalt. Les fours de fusion sont en tout analogues à ceux employés pour la fabrication du verre à vitres. La fonte et l'affinage du verre durent de 9 à 12 heures.

Le travail du verre à vitres s'exécute de deux manières différentes : l'une, la plus ancienne, abandonnée sur le continent, n'est plus suivie qu'en Angleterre; l'autre est actuellement seule employée en France et en Allemagne.

D'après l'ancien procédé, l'ouvrier cueille au bout de la canne une petite masse de verre, qu'il maintient en place en tournant continuellement la canne jusqu'à ce que la masse commence à se figer; il cueille alors une nouvelle dose de verre, et ainsi de suite, tant que le bout de la canne n'est pas suffisamment chargé (I, fig. 2540). Dès qu'il a ainsi rassemblé la quantité de verre convenable, l'ouvrier la réchauffe en l'introduisant dans le four par l'embrasure placée au dessus du pot de verrerie; puis il souffle cette masse et en forme peu à peu une sphère volumineuse (K, L); il réchauffe celle-ci en soutenant la canne sur un crochet en fer qui fait saillie en dehors, et lui imprimant un mouvement continuel de rotation pour empêcher la pièce de verre de fléchir et de s'affaisser d'un côté ou de l'autre.



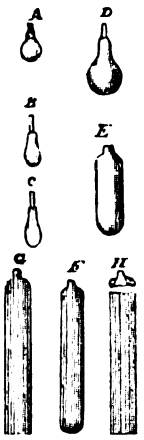
2540.

Il aplatit ensuite le côté opposé au bout de la canne (M), soude une autre canne et coupe le col du sphéroïde vers le bout de la première canne (N). On dilate alors l'ouverture de ce col (O) au moyen d'une planche, qu'un aide introduit dans l'orifice et qu'il appuie contre les parois, tandis que l'ouvrier fait tourner la pièce et produit de la sorte un cône tronqué semblable à une cloche à melons. Il réchauffe ensuite fortement la pièce, puis, plaçant la canne horizontalement sur une barre de fer, il lui imprime un mouvement de rotation très rapide : en vertu de la force centrifuge la cloche s'étend et s'aplatit de manière à donner une table ronde et d'une épaisseur assez égale jusqu'à une certaine distance du centre. Quand l'opération est terminée, l'ouvrier porte la feuille de verre, en continuant de tourner, sur une aire plate en cendres chaudes, l'y dépose horizontale-

Digitized by Google

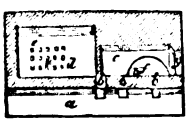
ment, et, par un léger choc, la détache de la canne ; un aide la reprend à l'aide d'une fourche, et la place dans le four à recuire dans une position verticale. Les vitres ainsi préparées offrent au centre un noyau épais d'un effet désagréable ; si on fait disparaître ce noyau en le coupant, on n'obtient que des vitres de faibles dimensions, mais jouissant d'un éclat parfait qu'on ne retrouve pas au même degré dans les vitres faites par le nouveau procédé, bien préférable d'ailleurs sous tout autre rapport.

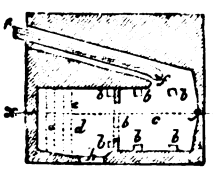
Dans le nouveau procédé usité en France, l'ouvrier, après avoir cueilli au bout de sa canne une quantité de verre dépendant de la grandeur et de l'épaisseur de la feuille qu'il veut fabriquer (A, B, C, fig. 2541), la souffle d'abord sous forme de sphéroïde (D) ; puis, continuant à souffler en tournant la canne sur elle-même et la balançant simultanément dans un plan vertical, il produit un cylindre de plus en plus allongé (E, F), terminé par deux calottes hémisphériques. Dès que ce cylindre a atteint les dimensions voulues, l'ouvrier sépare la calotte antérieure, soit par l'application d'un corps froid, soit en réchauffant la pièce avec le soin d'appliquer le doigt en travers du bout de la canne : dans ce dernier cas, l'air renfermé dans le manchon de verre se dilate, et, ne trouvant pas d'issue pour s'échapper, presse sur la calotte ramollie et la crève. Quoi qu'il en soit, l'ouverture étant faite et la pièce réchauffée, l'ouvrier la balance de nouveau en même temps qu'il imprime à la canne un mouvement de rotation sur elle-même, de manière à lui donner la forme d'un cylindre ouvert à l'une de ses extrémités (G), qu'il sépare enfin de la canne à l'aide d'un fer froid, et, au besoin, par l'application d'une goutte d'eau. Il nettoie ensuite sa canne et recommence le même travail.



2541.

Les cylindres ou manchons de verre obtenus comme il vient d'être dit, sont fendus dans toute leur longueur (H) dès qu'ils sont refroidis, à l'aide d'une tige de fer portée au rouge, que l'on applique suivant une de leurs génératrices. On les introduit ensuite dans le four d'étendage *c* (représenté en coupe et en plan (fig. 2542 et 2543), par le canal *ff*, en les faisant glisser peu à peu sur deux longues tiges en fer. La sole du four d'étendage est ordinairement formée d'une plaque d'argile pouvant glisser sur des ornières en fer jusque dans le four à recuire *d*, annexé au four d'étendage. Le plus souvent on recouvre cette plaque d'une feuille de verre dite *ladre* (la première de la fournée), qu'on saupoudre d'un peu de verre d'antimoine; on jette en outre de temps en temps dans le foyer *a* un peu de chaux, qui est entraînée par le courant d'air à travers les ouvreaux *b*, *b*, et qui, venant s'attacher en partie à la surface du lagre, suffit pour prévenir l'adhérence des feuilles à étendre : au bout d'un certain temps, le lagre se dévitrifie et doit être remplacé. Le cylindre arrivé sur la plaque et suffisamment ramolli, l'étendeur affaisse à droite et à gauche les deux côtés, qui cèdent facilement. Au moyen d'un rabot en bois qu'on fait glisser avec vitesse à la surface du verre, on étend alors parfaitement la plaque de verre ; cela fait, on la pousse dans le four à recuire, où elle prend presque aussitôt assez de consistance, en se refroidissant, pour qu'on puisse la relever et la placer verticalement, en la soutenant sur des tringles en fer transversales mobiles *e*, *e*. Dès que le four à recuire est plein de feuilles de verre, on ferme toutes les issues et on le laisse refroidir lentement. Lorsque le refroidissement est complet, on détruit la porte murée *h*, et on enlève les feuilles de verre.


2542.


2543.

On fabrique actuellement de cette manière d'énormes plaques de verre souvent d'une épaisseur suffisante pour être dressées à la manière des glaces, et qui sont très employées à Paris pour devantures de boutiques.

Verre à vitre cannelé. Outre les verres à vitre unis, on en fabrique beaucoup, depuis quelques années, surtout en Allemagne, qui sont cannelés soit dans un seul sens, soit dans deux directions faisant entre elles un angle de 30 à 45°, et présentant, dans ce dernier cas, l'aspect d'une suite de petits losanges accolés. Ces verres ont le grand avantage de rendre à peu près inutile l'emploi des persiennes et des rideaux, en dispersant les rayons solaires au point qu'ils ne puissent plus incommoder, et en empêchant tout regard curieux ou indiscret de plonger dans l'intérieur des habitations. On produit ces cannelures lors du soufflage des manchons. Pour les verres cannelés suivant une seule direction, il suffit d'employer des moules cylindriques creux d'une pièce, en bois ou métalliques, et cannelés à l'intérieur suivant les génératrices. La seule différence dans le cas où l'on veut obtenir deux systèmes de cannelures, se croisant l'un l'autre, consiste dans l'emploi d'un moule plus compliqué et formé de deux parties que l'on sépare pour en retirer le manchon.

Cloches; globes elliptiques. Les cloches se soufflent comme les manchons de verre à vitres, à cela près que, loin d'en crever la calotte antérieure, on cherche au contraire à la rendre très régulière et d'une épaisseur bien uniforme.

Les globes elliptiques se commencent de la même manière ; on les termine ensuite soit en les comprimant entre deux planches, soit au moyen d'un moule de forme appropriée, ce qui donne de meilleurs résultats. Dans ce dernier cas, comme il faut insuffler à la fois une grande quantité d'air dans la canne, on se sert d'un procédé particulier inventé en France par un ouvrier de la fabrique de Baccarat : ce procédé consiste dans l'emploi d'un manchon creux fermé par un bout, au fond duquel est fixé un ressort à boudin, attaché par l'autre extrémité à un piston annulaire qui se meut dans l'intérieur du manchon, qu'il suffit de renverser sur la canne, et d'abaisser brusquement pour chasser dans celle-ci tout l'air qu'il renfermait. Ce procédé est aussi très fréquemment employé dans la fabrication mixte de certains objets en cristal par soufflage et moulage, pour obtenir des pièces chargées de plus ou moins d'ornements. La cloche ou le globe sont ensuite détachés de la canne, et, après le recuit, on en termine l'ouverture par la taille.

Tubes de verre creux à section intérieure circulaire. Pour obtenir ces tubes, l'ouvrier souffle d'abord un cylindre creux comme dans la fabrication du verre à vitres, seulement il lui donne une épaisseur de parois beaucoup plus considérable ; puis, après l'avoir réchauffé, il en présente l'extrémité libre à son apprenti, qui y fixe une seconde canne à l'aide d'une goutte de verre fondu, puis tous deux l'étirent en s'éloignant rapidement l'un de l'autre. Cela fait, il ne reste plus qu'à diviser en tronçons le long tube obtenu, et ensuite à recuire ces tronçons, dont le diamètre et l'épaisseur dépendent de la quantité de verre employée, du rapport du vide ou plein dans le cylindre soufflé, et enfin du plus ou moins de tirage qu'on lui a fait subir.

Tubes de verre creux à section intérieure méplate. De-

Digitized by Google

puis quelques années, dans la fabrication des thermomètres à mercure, on emploie beaucoup de tubes capillaires à section intérieure méplate, qui permettent d'obtenir des instruments très sensibles, puisque la section du tube est très faible par rapport à celle du réservoir, bien que ce dernier ne renferme que très peu de mercure, et dans lesquels on distingue cependant d'une manière très nette le niveau du mercure, en regardant la tige normalement au grand axe de la section intérieure.

Pour fabriquer ces tubes, l'ouvrier prend au bout de sa canne une certaine masse de verre sans la souffler, et en forme, en la roulant sur une table, une espèce de boudin qu'il présente à son apprenti; celui-ci la saisit par son extrémité avec une petite pince qu'il tient d'une main, tandis que de l'autre il y enfonce, dans le sens de la longueur, une sorte de couteau ou outil méplat, en ayant soin d'élargir l'ouverture dont il saisit ensuite l'autre lèvre avec une pince; puis il étire le tout en s'éloignant en ligne directe et sans tourner le verre, comme s'il s'agissait d'un tube ordinaire à section intérieure cylindrique. 1/4 à 1/8 du tube ainsi obtenu est suffisamment calibré pour pouvoir être livré au commerce; seulement il arrive assez fréquemment que le creux ne se trouve pas exactement au milieu du tube, ce qui a d'ailleurs peu d'inconvénients quand il ne s'en éloigne pas beaucoup.

On peut faire ces mêmes tubes avec moins de déchet, en soufflant d'abord un petit tube creux, court et à parois très épaisses, l'aplatissant convenablement entre deux planches, le réchauffant ensuite et cueillant du verre autour de ce noyau, que l'on roule ensuite sur une table de manière à lui donner une forme cylindrique, le réchauffant de nouveau et l'étirant.

Tubes de verre pleins. Les tubes de verre pleins se font en roulant une masse de verre sur une table, et l'étirant comme pour les tubes creux.

Verre filé. On peut allonger et filer le verre quand il a été ramolli par l'action de la chaleur, en l'enroulant sur une roue qui tourne avec une grande vitesse : on a porté cette vitesse jusqu'à 25^{m} par seconde. Quand on étire un tube de verre creux, le trou se conserve, quelle que soit la finesse du fil. Le fil provenant d'un petit morceau de verre à vitres, coupé avec un diamant, présente un très vif éclat; vu au microscope, il offre une forme aplatie et quatre angles droits très distincts. Il est très probable que c'est à cette forme particulière qu'il doit la supériorité de son éclat, car les fils provenant de l'étirage de baguettes de verre rondes ont toujours une apparence sombre. Le verre filé fin est presque aussi souple que la soie, ce qui montre que sa fragilité naturelle est due à l'imperfection du recuit lorsqu'il est en masse de dimensions notables; au toucher ils ressemblent aux cheveux, et, comme eux, ils peuvent être bouclés d'une manière permanente en les roulant sur un fer chaud. Dans la Sicile, on s'est fréquemment servi des fils de verre noir pour fabriquer des perruques; on s'en sert encore quelquefois pour faire des aigrettes très brillantes, imiter le poil des animaux (voyez SOUFFLER LE VERRE), et même tisser des étoffes pour robes, etc.; quelques-uns des revirements si capricieux de la mode ressusciteront peut-être un jour ce genre d'industrie, qui n'est actuellement exploité que pour ornements d'église, par une maison de Paris. On prétend, mais selon nous à tort, que l'usage de ces tissus en verre offre quelques dangers en ce sens que des filaments détachés pourraient être entraînés par la respiration et portés dans les poumons.

Verres de montre. Les verres de montre ordinaires se fabriquent en soufflant des boules ou globes de verres, de diamètre et d'épaisseur variables, suivant la convexité et l'épaisseur des verres que l'on veut fabriquer; puis, promenant autour d'un verre modèle que l'on applique sur la boule refroidie, le tuyau d'une terre de pipe rougi au feu; il suffit ensuite du plus léger choc pour détacher le verre, que l'on achève après sur une meule.

Les *verres cherés* pour montres plates se préparent différemment ; on commence par tailler les verres comme précédemment, puis on les pose sur des mandrins en fonte, courts cylindres qui ont leur base supérieure façonnée en forme de globe très aplati; on met le tout dans un four à réverbère, où le feu est conduit de telle sorte que le verre se ramollisse et s'applique exactement sur le mandrin en s'affaissant sur lui-même; on l'éloigne ensuite peu à peu du feu, et, lorsque le tout est lentement refroidi, on enlève le verre. Il faut ensuite polir avec le rouge d'Angleterre comme pour les verres d'optique, puis en amincir et réparer les bords sur la meule.

Pour les verres de montre ordinaires on se sert généralement de verres durs; ceux de Bohême, à base de potasse et de chaux, sont très estimés; on en fabrique dans le pays d'immenses quantités, dont une grande partie s'importe en France par contrebande. Les verres chevés, au contraire, sont ordinairement fabriqués avec des verres peu dévitrifiables et très fusibles, c'est-à-dire avec des cristaux ou verres à base d'oxyde de plomb.

VERRE DE BOHÊME. Le verre de Bohême est un verre à base de potasse et de chaux, remarquable par sa beauté, sa dureté et ses autres qualités, qui lui ont fait donner le nom de *cristal de Bohême*, pour le distinguer du cristal ordinaire à base de plomb qui a un poids spécifique beaucoup plus grand et une dureté infiniment moindre.

L'analyse de ce verre conduit à des résultats compris entre les suivants :

Silice.	0,72	à 0,73
Potasse.	0,18	à 0,16
Chaux.	0,10	à 0,09
	1,00	1,00

et une petite quantité d'alumine provenant de l'action dissolvante du verre en fusion sur les fours qui le renferment.

La silice employée en Bohême pour la fabrication des verres fins est du quarz hyalin provenant en général soit de cailloux roulés dans les torrents, soit de fragments plus ou moins anguleux épars dans la terre végétale résultant de la décomposition des terrains primitifs. Le quarz le plus pur est la variété enfumée. On l'étonne dans des fours chauffés soit par la flamme perdue des fours de fusion, soit par un foyer spécial. Lorsque le quarz a atteint la température rouge-cerise, on le retire du four et on le jette immédiatement dans une grande cuve peu profonde, au-dessus de laquelle se trouve un robinet qui permet de renouveler continuellement l'eau et de s'opposer à son échauffement; le quarz, ainsi étonné et refroidi, est trié à la main par des femmes : les fragments trop gros et trop résistants qui n'ont pas été suffisamment étonnés sont cassés en plusieurs morceaux et reportés dans le four, le reste est concassé en petits fragments et les parties parfaitement blanches sont seules employées à la fabrication des verres fins. Les fragments qui présentent la moindre trace d'oxydes métalliques sont séparés avec le plus grand soin, pulvérisés à part et mis de côté pour servir à la taille des verres. Le quarz étonné et trié est ensuite bocardé à sec; les flèches des pilons sont armées de têtes en quarz brut, et chacune d'elles tombe dans une auge hémisphérique pratiquée dans une grosse poutre en bois qui court tout le long du bocard.

La potasse qui vient de Bohême et de Hongrie est purifiée dans les usines mêmes, comme nous l'avons indiqué au commencement de cet article; celle de pre-

Digitized by Google

mière qualité ne coûte en Bohême que 68 francs les 100 kilogrammes.

La chaux est extrêmement pure et provient de la calcination d'un calcaire saccharoïde blanc pur ou bleuâtre venant de Moravie ou de Bohême.

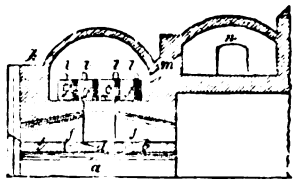
Bien que la fabrication du verre de Bohême ait lieu surtout en Bohême et aux environs de Venise, il existe actuellement en France, notamment à Walsh, Saint-Louis et Baccarat, plusieurs usines qui fabriquent des cristaux de Bohême.

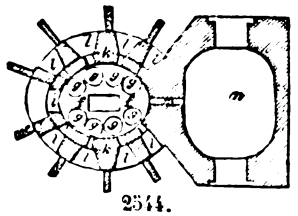
Les verreries de Bohême étant exclusivement alimentées par le combustible végétal, on cherche autant que possible à les établir au milieu des forêts et sur les bords d'un cours d'eau flottable. Comme les périodes d'aménagement des forêts sont presque séculaires, il est souvent avantageux, après avoir abattu tous les bois qui environnent une usine, de la transférer dans un autre endroit où l'on retrouve un approvisionnement facile, jusqu'à ce que ce dernier soit à son tour épuisé, et ainsi de suite. Cette instabilité dans l'emplacement de la plupart des verreries a conduit par économie à construire entièrement en bois tous les bâtiments qui renferment les fourneaux, etc.; aussi, rien de plus misérable, à première vue, que l'aspect de ces usines qui semblent perdues au milieu de forêts sans fin et qui s'annoncent au loin par des tourbillons de fumée qui s'élèvent au-dessus des arbres. Il n'y a guère que les usines certaines d'un approvisionnement pour ainsi dire indéfini en combustible qui soient en partie construites en pierre.

Les verreries de Bohême se composent ordinairement de deux fours de fusion dont l'un est en feu, tandis que l'autre est en réparation, de sorte qu'il y en a constamment un en activité. Lorsque l'usine fabrique des verres à vitres, elle possède un ou deux fours d'étendage placés sous un hangar particulier annexé à l'usine. Le magasin des matières premières est aussi annexé à l'usine; quant aux bocards à sec et aux fours de cuisson pour le quarz et la chaux, ils sont également annexés à l'usine lorsque la puissance du cours d'eau le permet, mais le plus souvent ils en sont séparés et placés à quelque distance, soit en amont, soit en aval; il en est de même des raffineries de verre, ateliers où l'on opère la taille et la décoration des verres.

Les fours de fusion sont elliptiques, très petits et renferment de 7 à 8 creusets; leur forme est suffisamment indiquée par le plan fig. 2544, et la coupe fi-

2545.





2544.

gure 2545 : *a* est le cendrier, *b* la grille, *f* la chauffe, *g* les pots, *l* les embrasures de travail, *k* le massif sur lequel repose la voûte toujours construite d'une seule pièce en argile damée, *i* une porte, ordinairement murée, par laquelle on retire les pots hors d'état de service et par laquelle on introduit sur les banquettes les pots neufs préalablement chauffés au rouge; *m* rampant qui conduit les flammes du four de fusion dans le four à recuire *n*, qui, comme nous l'avons dit, est souvent surmonté d'un four à torréfier le bois.

Les pots ont ordinairement 0m,40 de diamètre intérieur à l'ouverture et 0m,35 au fond, 0m.45 de profondeur, 0m.03 d'épaisseur à l'ouverture et 0m,04 au fond. On y charge moyennement 70 kilogrammes de matières frittées; la perte en eau, acide carbonique et alcali est de 15 à 20 p. 100, et on obtient par pot de 45 à 50 kilogrammes de verre façonné, non compris les déchets du travail même. La fonte dure de 12 à 18 heures et le travail du verre de 14 à 15 heures. Chaque four produit par semaine environ 2.000 kilogrammes de verre façonné, tandis que les fours français en produisent dans le même temps 36.000 kilogrammes.

Le mélange que l'on charge dans les pots se compose moyennement de :

Quarz étonné et pulvérisé. . .	100
Potasse première qualité calcinée.	50 à 60
Chaux calcinée.	15 à 20
Acide arsénieux.	1/4 à 1/2
Nitre.	0 à 1

et quelquefois, mais rarement, 1/16 à 1/4 de peroxyde de manganèse.

Les ouvriers de Bohême économisent le verre avec une habileté surprenante; ils le cueillent avec des cannes plus légères que nous avons décrites au commencement de cet article, et ils soufflent ordinairement la pièce creuse qu'ils veulent faire dans un moule en bois à deux compartiments, qui sont maintenus rapprochés par l'apprenti, lequel a soin de les mouiller très fréquemment afin de prolonger leur durée en les empêchant de prendre feu.

Le recuit des verres fabriqués s'exécute en les portant encore chauds dans des pots cylindriques en argile de 0m,015 d'épaisseur, ayant 0m,40 de diamètre et 0m,50 de profondeur, placés dans le four à recuire annexé au four de fusion. Lorsqu'un de ces pots est entièrement rempli, on le retire du four et on le laisse refroidir spontanément dans un coin de l'usine, en augmentant autant que possible la durée du refroidissement par l'addition d'un couvercle en tôle On conçoit aisément tout ce que ce procédé a d'imparfait en comparaison des fours à recuire continus si généralement employés en France.

On fabrique aussi en Bohême une quantité considérable de verres colorés dans toute leur masse ou doublés, filigranés, dorés, argentés, décorés avec des couleurs de moufle; nous y reviendrons plus loin.

VERRE PLOMBEUX. CRISTAL. La fabrication du verre à base d'oxyde de plomb, ou cristal ordinaire, est originaire d'Angleterre. Pour éviter la coloration du verre due à la fumée du charbon de terre, les verriers anglais commencèrent par remplacer les pots ouverts employés sur le continent par des creusets couverts, espèces de grandes cornues soustrayant les matières au contact et à l'action des fumées du combustible. Mais cette substitution tendant à abaisser la température dans l'intérieur des creusets, on fut obligé de chercher des compositions plus fusibles et on y parvint en remplaçant la chaux par de l'oxyde de plomb.

Voici quelques analyses de cristal qui donneront une idée de sa composition :

	(1)	(2)	(3)
Silice.	0,560	0,514	0,560
Potasse.	0,066	0,094	0,089
Chaux.	—	—	0,026
Alumine.	0,010	0,012	—
Oxyde de plomb. . .	0,344	0,374	0,325
	0,980	0,994	1,000

Digitized by Google

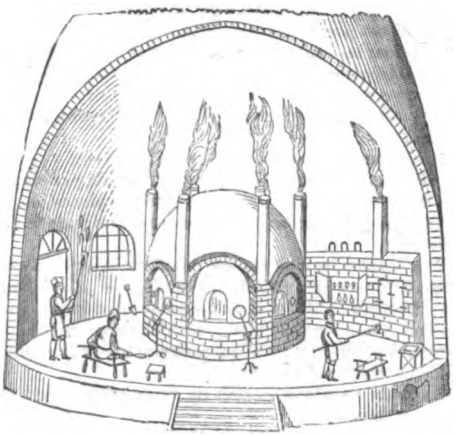
(1) Cristal de première qualité, de Vonèche en Belgique (Berthier).
(2) Cristal de Newcastle en Angleterre (Berthier).
(3) Cristal de première qualité (Dumas).

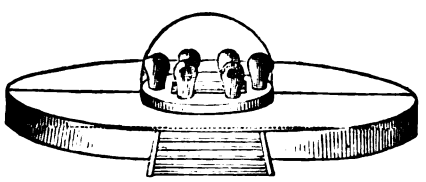
Le mélange que l'on charge dans les pots se compose de :

Sable siliceux blanc. . . .	100
Minium.	55 à 65
Potasse.	25 à 30
Nitre.	2 à 5
Peroxyde de manganèse environ.	0,001
Acide arsénieux.	0,0005 à 0,001
Calcin, débris de travail. . .	50 à 100

Les fig. 2546 et 2547 représentent un four à cristal anglais avec six creusets couverts.

2546.





2547.

Le cristal se travaille, soit par soufflage seulement, soit par soufflage et moulage, soit enfin uniquement par pression. Les moules varient naturellement suivant la forme des objets à fabriquer et sont toujours divisés en un nombre de parties, ordinairement reliées entre elles à charnières, tel que la dépouille en soit aussi prompte que facile. Autrefois les moules étaient presque exclusivement en laiton; actuellement on commence à les remplacer dans nos cristalleries par des moules en fonte douce, dont la fabrication première est, il est vrai, plus coûteuse, mais qui, outre l'avantage d'une plus longue durée, sont susceptibles de recevoir un bien plus beau poli, de sorte que l'on remarque à peine sur les pièces fabriquées avec ces moules ces stries si frappantes et si visibles que présentent les objets confectionnés à l'aide de moules en laiton.

Les cristaux se recuisent toujours dans des fours continus que les plateaux en tôle qui reçoivent les objets à recuire parcourent en 20 ou 30 heures dans toute leur longueur.

VERRES D'OPTIQUE. Les verres d'optique sont de deux espèces, le verre plombeux très réfringent ou *flintglas* et le verre non plombeux ou *crownglas*. La fabrication de ces verres bien exempts de stries et bien homogènes offre de grandes difficultés. C'est M. Guinand père qui parvint le premier à les lever en grande partie par le brassage de la matière en fusion au moyen d'un outil de la même matière que le creuset. Il fit un cylindre creux en terre réfractaire de la hauteur du creuset, fermé par son extrémité inférieure, ouvert par le haut et ayant un rebord plat de quelques centimètres. Il introduisait dans le verre fondu ce cylindre préalablement chauffé au rouge blanc; puis, au moyen d'une longue barre de fer coudée à angle droit sur une longueur de quelques centimètres qu'il engageait dans le cylindre en terre, il brassait le verre en imprimant à la barre un mouvement horizontal de rotation.

MM. Guinand fils et Bontemps, directeur de la cristallerie de Choisy-le-Roi, ont perfectionné les procédés de M. Guinand père et ont remporté, en 1840, les deux prix de 6.000 fr. proposés par la Société d'encouragement pour la fabrication du crownglas et du flintglas. Tout le monde a pu admirer à la dernière exposition les belles lentilles qu'ils avaient soumises à l'examen du jury.

Le flintglas et le crownglas se fabriquent dans un creuset couvert, analogue à ceux des cristalleries et pouvant recevoir une charge de 150 à 250 kil. placés dans un four rond.

Passons maintenant aux détails de fabrication :

Flintglas. La composition du mélange pour flintglas est la suivante :

	(Bontemps)	(Guinand)
Sable siliceux blanc.	264	225
Minium.	264	225
Potasse 1re qualité.	60	52
Borax.	18	4
Nitre.	»	3
Manganèse.	»	1
Acide arsénieux.	»	1
Débris des opérations précédentes.	»	89

Voici comment s'opère la fonte du flintglas d'après M. Bontemps :

On chauffe d'abord le creuset (ce creuset ne sert que pour une seule opération) à part dans un four spécial consacré à cet usage et, quand il est arrivé au rouge-blanc, on l'introduit dans le four de fusion également chauffé. On réchauffe ensuite le four; au bout de deux ou trois heures il est assez chaud pour qu'on puisse commencer l'enfournement; on débouche alors la gueule du creuset qui est garnie de deux couvercles pour qu'il ne puisse pas s'y introduire de fumée, et on charge environ 10 kil. de composition; une heure après on en enfourne de nouveau 20 kil.; deux heures après 40 kil.; à chaque fois on rebouche le creuset avec le plus grand soin, et on observe de n'enfourner que lorsque le charbon que l'on a chargé sur la grille ne donne plus de fumée. Au bout de 8 à 10 heures l'enfournement est terminé; on laisse le creuset environ 4 heures sans l'ouvrir, puis on ôte les couvercles pour y introduire le cylindre en terre préalablement chauffé à part au rouge-blanc. A ce moment le flintglas est fondu, mais la masse est encore bouillonneuse; néanmoins, on met une barre à crochet dans le cylindre, et on fait un premier brassage qui sert à *encerrer* le cylindre et à opérer déjà un mélange plus intime des matières; au bout de 3 minutes environ la barre est au rouge-blanc; on l'ôte et on pose le bord du cylindre sur le bord du creuset; ce cylindre, étant spécifiquement moins pesant que le verre, flotte légèrement incliné, parce que son bord supérieur fait saillie au-dessus du bain. On remet les deux couvercles disposés de manière à ne pas repousser le bord du cylindre dans le verre, et on recommence à tiser le feu. 5 heures après on fait un nouveau brassage d'un crochet, et ainsi de suite, d'heure en heure, en ayant soin de ne faire chaque brassage

Digitized by Google

qu'avec absence de fumée dans le four. Après 6 brassages, on fait un *tise-froid*, c'est-à-dire qu'on met environ 0m,25 à 0m,30 d'épaisseur de houille sur la grille, ce qui forme une masse promptement réduite en coke, qui permet de refroidir le four sans laisser la grille à nu. On ouvre les tisards et les ouvreaux, ce qui refroidit peu à peu le four et le creuset; cette opération tend à faire monter les bulles qui ne se sont pas encore dégagées. Au bout de deux heures, on remet le four en pleine fonte; cinq heures après le verre a repris la plus grande liquidité et les bulles ont disparu; on bouche alors exactement les grilles par-dessous, et on commence le grand brassage, c'est-à-dire qu'aussitôt qu'une barre à crochet est chaude, on lui en substitue une autre, et ainsi de suite, pendant environ deux heures. Au bout de ce temps la matière a pris une certaine consistance et le brassage ne se fait plus que difficilement; on ôte alors la dernière barre à crochet, on sort le cylindre en terre du creuset, que l'on bouche bien exactement, ainsi que les cheminées et les ouvreaux, sauf un petit trou de 2 centimètres pour donner issue aux gaz qui peuvent encore se trouver dans le combustible, et qu'on ferme aussitôt que tout dégagement gazeux a cessé. On laisse ainsi le four se refroidir spontanément, ce qui dure environ huit jours; on enlève alors la porte du four, on extrait le creuset avec son contenu qui y est attaché ordinairement en une seule masse, sauf quelques fragments qui se détachent autour du creuset; on traite ensuite cette masse et ces fragments comme nous l'indiquerons plus loin.

Crownglas. La composition employée pour la fabrication du crownglas est :

	(Bontemps) 1840	(Bontemps) 1846	(Guinand) 1840
Sable silicieux blanc. . . .	360	360	400
Carbonate de potasse. . . .	105	»	160
Carbonate de soude. . . .	60	150	»
Carbonate de chaux. . . .	45	84	»
Borax.	»	»	20
Minium.	»	»	20
Peroxyde de manganèse. . .	»	»	1
Arsenic.	3	6	»

La différence essentielle entre ces deux fabricants, comme on le voit, que le crownglas de l'un est un silicate à base de chaux et de potasse ou de soude, tandis que le crownglas de l'autre est un boro-silicate de potasse et de plomb. M. Bontemps a reconnu que l'on obtient des crownglas moins hygrométriques en remplaçant dans les compositions qu'il indique, en tout ou en partie, le carbonate de soude par du borate de soude.

Le creuset ayant été mis dans le four comme pour le flintglas, on complète l'enfournement de toute la matière en huit heures environ, puis quatre à cinq heures après on introduit le cylindre en terre réfractaire, et on fait toutes les deux heures un brassage d'une seule barre; on fait ensuite un tise-froid de deux heures, puis on réchauffe pendant sept heures, ce verre reprenant beaucoup plus difficilement sa chaleur que le flintglas, et on fait le grand brassage qui dure une heure et quart; on bouche le creuset, les cheminées et les ouvreaux, comme pour le flintglas, et on laisse refroidir. Assez ordinairement on obtient une masse et quelques fragments.

Quand la masse du creuset a été recuite d'une seule pièce, qu'il s'agisse de crownglas ou de flintglas, et qu'on n'a besoin que de petits disques, on la brise avec une masse en fer, puis on examine les fragments en y taillant, au besoin, des faces parallèles; après avoir mis de côté ceux qui présentent des défauts, tels que des stries ou des nébulosités, on commence par former avec les autres, par le ramollissage, dans une sorte de moufle, des plaques à peu près carrées qu'on divise ensuite, au diamant, en petits carrés, après les avoir recuites; on ramollit de nouveau ces petits carrés et on les moule dans un moule à pince, en cuivre ou en fer. S'il s'agit de faire de grands disques, on prend un fragment reconnu sans défauts, ayant le poids du disque que l'on veut produire, et on le ramollit au feu de moufle dans un cercle du diamètre voulu, en ayant soin de ne donner que le feu nécessaire pour que le verre remplisse le cercle, et en facilitant même ce ramollissage par la pression d'outils. Quand on veut faire de très grands disques avec une masse dont on a examiné l'intérieur, on divise cette masse à la scie pour avoir le moins possible de déchets.

VERRES COLORÉS. On distingue dans les verres colorés ceux qui le sont dans toute l'étendue de leur masse et ceux qui ne le sont qu'en partie.

Pour préparer les premiers, on introduit toujours la matière colorante dans le pot de verrerie.

Il n'en est pas toujours de même dans le second cas, surtout pour les couleurs les plus chères et les plus difficiles à préparer, et dans trois élaborations particulières aux verres colorés, lesquelles consistent :

1° A fabriquer des vases colorés ou incolores, avec un pied ou support de couleur différente;

2° A former les vases d'une couche intérieure de verre très mince et fortement coloré, et d'une couche extérieure de verre blanc que l'on enlève ensuite par places par la taille, sans que pour cela l'objet cesse d'avoir une teinte uniforme;

3° A former les vases d'une manière inverse, c'est-à-dire d'une couche intérieure incolore et d'une couche extérieure plus ou moins épaisse et colorée, que l'on enlève ensuite par places, en tout ou en partie, de manière à obtenir un verre qui présente toutes les nuances de la couleur employée.

Ces deux dernières espèces de verre portent le nom de *verres doublés*.

Pour arriver à ces résultats, il suffit, dans le premier cas, de souder le cul du vase de verre à un boudin de verre coloré fixé à l'extrémité d'une seconde canne; puis, de séparer la pièce de la première canne et de la terminer comme à l'ordinaire. Dans le second cas, on plonge successivement la canne dans un pot de verre coloré et dans un pot de verre blanc, et on fait l'inverse dans le troisième cas.

Comme nous venons de le faire remarquer, il existe certains verres colorés qui ne se préparent pas habituellement dans les pots, mais bien en pains ou rouleaux de couleur très foncée, ayant environ 0m,03 de diamètre sur 0m,30 de long. Ils sont un peu plus fusibles que le verre blanc, et préparés de manière à fondre à la température nécessaire à la fusion complète d'un mélange de 64 parties de verre incolore et de 1 partie de peroxyde de manganèse. Lorsqu'on veut se servir de ces pains de verre coloré, on en casse un morceau proportionné à la masse que l'on veut fabriquer, puis, le fixant à l'extrémité d'une canne, on le ramollit, en l'introduisant dans l'embrasure du four de fusion, et on le travaille comme il a été dit ci-dessus.

Cela posé, nous pouvons passer à la description des procédés que l'on suit pour préparer les différents verres colorés.

Rouge. La coloration du verre en rouge s'opère de deux manières, soit par l'or, ce qui donne le rouge *rubis*, soit par le protoxyde de cuivre, ce qui donne le *rouge ancien*.

Rubis. La couleur rubis était déjà connue à la fin du XVIe siècle, du temps de Néri et de Kunckel. Elle ne s'emploie qu'en pains et pour la fabrication des verres doublés.

Suivant un fabricant du Riesengebirge, le verre dont on se sert pour faire les pains de couleur rubis et qui porte le nom de *schmelze*, se prépare avec :

Digitized by Google

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	500
Minium.	800
Nitre.	100
Potasse calcinée.	100

On fait ensuite dissoudre à chaud 1 gramme d'or fin dans 18 grammes d'eau régale ; lorsque tout est dissous, on introduit la dissolution dans un vase dont la capacité est d'un litre, et on achève de le remplir d'eau régale : on verse le tout dans un second vase gradué et on l'étend de cinq fois son volume d'eau. Cela fait, on mélange intimement :

Schmelze	512 grammes.
Borax prismatique. . .	48 —
Oxyde d'étain. . . .	3 —
Oxyde d'antimoine. . .	3 —

et 1/8 de la dissolution d'or préparée comme l'est dit ci-dessus ; puis on chauffe le tout pendant 12 ou 14 heures dans un creuset ouvert placé dans un four de verrerie, et on laisse ensuite refroidir le creuset dans un four à recuire ; lorsqu'il est refroidi, on le casse et on en retire la couleur. Si l'on met plus d'acide qu'il n'est indiqué ci-dessus, on attaque un peu les creusets, mais la couleur est plus solide. Dans certains cas, au lieu de 3 grammes d'étain, on en met 2 ou 4 grammes ; le premier de ces mélanges s'emploie surtout pour les grandes pièces qui doivent être longtemps travaillées au feu ; le second, pour les objets minces et de faibles dimensions. L'antimoine ne paraît ici que donner plus d'éclat au verre, sans le colorer aucunement. Cependant, comme on manque quelquefois le verre rubis, soit pour l'avoir chauffé trop fort ou trop longtemps, soit pour l'avoir laissé refroidir trop brusquement, la plupart des fabricants préfèrent acheter à l'essai cette couleur toute faite à d'autres fabricants spéciaux qui ne s'occupent que de ce genre d'industrie.

D'après le directeur d'une des verreries de la Bohême, on obtient ainsi qu'il suit le plus beau verre rubis : on dissout à chaud 1 gramme d'or fin dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique. . .	12 grammes.
Acide nitrique.	12 —
Sel ammoniac.	1 —

On dissout d'un autre côté, et également à chaud, 1 gramme d'étain dans une eau régale composée de :

Acide hydrochlorique. . .	6 grammes.
Acide nitrique.	20 —

Il va sans dire que l'or et l'étain doivent être préalablement réduits en feuilles très minces par le battage et coupés à l'aide de ciseaux en très petits fragments. On verse ensuite les deux dissolutions obtenues dans un grand flacon contenant déjà 500 grammes d'eau de source limpide, et on mêle intimement le tout en agitant bien le flacon après l'avoir bouché. Le précipité de pourpre de Cassius, qui se forme dans la liqueur, est recueilli sur un filtre, lavé et séché avec soin.

On prépare ensuite un verre particulier en mélangeant ensemble :

Quarz étonné très pur.	40
Nitrate de potasse.	16
Borax.	8
Acide arsénieux.	1
Crème de tartre.	1

et une quantité plus ou moins grande de pourpre de Cassius, selon que l'on veut obtenir une couleur plus ou moins foncée. Ce mélange est introduit soit dans un pot chauffé dans un four particulier, soit dans un pot de verrerie ordinaire, en ayant soin d'agiter incessamment les matières jusqu'à ce qu'elles aient atteint le rouge sombre. On recouvre alors le pot et on continue à le chauffer pendant quelque temps. Lorsque la masse est parfaitement fondue et qu'elle ne présente plus de bulles, on retire le pot et on le fait recuire ; puis, lorsqu'il est entièrement refroidi, on le casse, on sépare avec soin le verre obtenu des esquilles étrangères qu'il pourrait contenir, on le bocarde et on le tamise.

Si maintenant l'on fond ensemble, dans un petit creuset placé dans le four de verrerie, le mélange suivant :

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	128
Nitrate de potasse.	64
Borax.	3
Acide arsénieux.	3

et qu'ensuite on verse dans l'eau froide le verre obtenu, puis qu'on le passe au tamis, qu'on le mélange après avec le verre coloré préparé comme il a été dit ci-dessus, et qu'on le fonde enfin dans un pot de verrerie, on obtiendra un verre qui, travaillé en pièces d'une faible épaisseur, prend une belle couleur rubis lorsqu'on l'enfume.

En général le *rubis de Bohême* se prépare actuellement en fondant ensemble :

Quarz étonné et pulvérisé. . . .	100
Minium.	150
Potasse fine frittée.	30
Borax fondu.	20
Sulfure d'antimoine.	5
Peroxyde de manganèse. . . .	5
Or détonnant broyé avec de l'essence de térébenthine.	5

Si on met un peu plus d'or détonnant, on obtient une magnifique couleur rubis.

L'or détonnant ou fulminant se prépare en précipitant la dissolution d'or dans l'eau régale par un excès d'ammoniaque caustique et agitant quelque temps la liqueur. Le précipité est ensuite recueilli sur un filtre et lavé rapidement avec de l'eau bouillie et légèrement ammoniacale, puis desséché à une très basse température. On obtient ainsi une poudre d'un jaune brun foncé, très détonnante, et dont le maniement exige beaucoup de précautions.

Beaucoup de personnes croient que la coloration des verres par l'or est due à un sous-oxyde d'or ; nous pensons au contraire avec M. Schubarth, que tous les oxydes et sels d'or sont réduits à la température à laquelle le verre se trouve soumis et que cette coloration est due à de l'or extrêmement divisé.

Rouge ancien. Le verre coloré par le protoxyde de cuivre a une teinte extrêmement foncée, et par conséquent on le travaille presque toujours en couches très minces, à l'état de verre doublé.

Les anciens connaissaient le moyen de colorer le verre en rouge au moyen du protoxyde de cuivre ; Néri et Kunckel en font mention dans leurs ouvrages. Cependant la tradition s'en était tellement perdue à la fin du siècle dernier, que l'on croyait généralement que tous les verres rouges étaient colorés par des préparations d'or. Ce fut seulement en 1828 que M. Engelhardt, de Zinsweiler, parvint à colorer des verres en rouge au moyen d'un mélange à parties égales de protoxydes de cuivre et d'étain, procédé qui fut employé avec succès dans une verrerie de Silésie. Actuellement on se sert d'un mélange de battitures de cuivre et d'oxyde d'étain obtenu par l'oxydation de ce dernier métal au contact de l'air, auquel on ajoute quelquefois un peu de limailles ou de battitures de fer quand on veut obtenir une teinte rouge de feu ou rouge-écarlate. Lorsque la couleur vient à passer par accident, ou la fait revenir en ramenant le cuivre à l'état de protoxyde par l'addition, dans le pot de verrerie, d'un peu d'étain métallique ou de battitures de fer. Il va sans dire que le verre à colorer par le protoxyde de cuivre

Digitized by Google

ne doit renfermer ni nitrate de potasse, ni aucune autre substance oxydante.

Lorsque l'on ajoute au mélange de la limaille ou des battitures de fer, on diminue la proportion de l'oxyde d'etain, qui quelquefois même disparaît entièrement, comme dans un très beau verre rouge antique trouvé à Caprée, dans la ville de l'empereur Tibère, et qui a donné naissance à l'analyse :

Silice.	0,710
Oxyde de plomb.	0,140
Protoxyde de cuivre.	0,075
Protoxyde de fer.	0,010
Alumine.	0,025
Chaux.	0,015
	0,975

Quelquefois on se contente de colorer le verre par l'oxyde de cuivre, puis on enfume les objets fabriqués qui ne tardent pas à prendre une couleur d'un rouge foncé.

Bleu. La couleur bleu céleste s'obtient par l'oxyde de cuivre seul ; le bleu de cobalt par l'oxyde de cobalt ou le smalt.

Violet-améthyste. Cette couleur s'obtient avec du peroxyde de manganèse mélangé d'un peu de nitre.

Jaune. On distingue six jaunes différents qui se préparent ainsi qu'il suit :

1° *Jaune-topaze* plus ou moins foncé ; se prépare avec du poussier de charbon.

2° *Jaune d'or.* Si à une composition pour faire du violet assez foncé (coloration par le peroxyde de manganèse) on ajoute quelques kilogrammes d'oxyde de fer, on obtient un violet brun ; si peu à peu on augmente la dose d'oxyde de fer, le verre passe à une couleur plus brune, puis pelure d'oignon, et enfin devient d'un assez beau jaune ; c'est ainsi que l'on colore, par exemple, le verre destiné à être étiré en fils fins pour imiter l'or dans les tissus de verre.

3° *Jaune d'antimoine.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine et de minium.

4° *Jaune-orangé.* Se prépare avec un mélange de verre d'antimoine, de minium et d'un peu d'oxyde de fer.

5° *Jaune particulier* très cher, qui se prépare avec le chlorure ou l'oxyde d'argent. Il est évident pour nous qu'ici la coloration est due à de l'argent métallique très divisé ; comme son pouvoir colorant est très grand, on l'applique en couches excessivement minces ; à cet effet on divise l'oxyde ou le chlorure d'argent avec un *médium*, de l'argile broyée, par exemple, ou de l'oxyde de fer préparés par lévigation ; on amène ce mélange à l'état de bouillie claire que l'on répand d'une manière égale au pinceau ou par immersion sur la surface du verre à colorer, puis, après avoir fait sécher, on expose la pièce à la chaleur d'une moufle qui fume, et, à la sortie de la moufle, on brosse la pièce qui se trouve colorée en un beau jaune transparent ; la poudre que l'on brosse est soigneusement recueillie, car elle a encore une grande puissance colorante. On fabrique ainsi de très beaux services de table avec gravures en blanc qui se détachent sur un fond jaune.

6° *Jaune-verdâtre*, qui produit beaucoup d'effet en plein jour, mais qui paraît d'un blanc jaunâtre sale à une lumière artificielle. Ce jaune se prépare avec l'oxyde jaune d'urane du commerce ; mais comme ce dernier contient toujours des traces d'oxyde de fer, le verre jaune obtenu présente constamment dans la tranche une légère teinte verdâtre.

Vert. On distingue quatre sortes de vert :

1° *Vert d'herbe*, qui s'obtient par le protoxyde de chrome ou un mélange de verre d'antimoine et d'oxyde de cobalt.

2° *Vert-bouteille*, qui se prépare avec l'oxyde de fer.

3° *Ancien vert-émeraude.* Se prépare avec l'oxyde de cuivre mélangé d'un peu de battitures de fer.

4° *Nouveau vert-emeraude.* Cette couleur, beaucoup plus belle que la précédente, mais aussi notablement plus chère, se prépare avec un mélange d'oxydes de nickel et d'urane.

Noir. Le noir se prépare avec un mélange à parties égales de peroxyde de manganèse, d'oxyde de cuivre et d'oxyde de cobalt, ou bien avec un mélange de battitures de fer, de peroxyde de manganèse et d'oxyde de cuivre ou de cobalt.

On sait que le platine et l'iridium en poudre mélangés avec de l'émail en poudre donnent une belle couleur noire non métallique. Nous pensons qu'employés d'une manière analogue au chlorure d'or dans la préparation des verres colorés en rouge par l'or, ils donneraient de très beaux verres noirs.

Hyacinthe. La couleur hyacinthe s'obtient avec beaucoup d'oxyde rouge de fer ou d'oxyde de nickel.

VERRES OPALINS. Le verre blanc laiteux jouant, l'albâtre ou l'opale, se prépare en général comme le verre blanc fin, auquel on ajoute seulement une quantité plus ou moins grande d'os calcinés à blanc et pulvérisés (phosphate de chaux des os), selon que l'on veut obtenir un verre plus ou moins opalin.

L'oxyde d'etain n'est employé que dans la fabrication des émaux, parce qu'il est beaucoup plus cher que la poudre d'os calcinés et qu'il en faut une bien plus grande quantité pour produire le même effet.

On fabrique en Bohême une grande quantité de verres opalins colorés en vert. Autrefois on les préparait en ajoutant au verre blanc un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde jaune d'urane et de battitures de fer, mais cette couleur s'altérait à la longue par l'action de la lumière solaire ; on l'obtient actuellement bien plus belle et bien plus solide avec un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde de jaune d'urane et d'oxyde de nickel.

Depuis très peu de temps on fabrique, en Bohême et en Silésie, le verre opalin ou *verre d'albâtre* par un nouveau procédé aussi simple qu'ingénieux. La composition de ce verre ne diffère point de celle du verre blanc ordinaire. Aussitôt que le verre est fondu, on le puise et on l'étonne ; on introduit ensuite dans le pot une nouvelle charge à laquelle on ajoute, lorsque la fusion est complète, le verre précédemment étonné et froid, ce qui refroidit la masse, et, aussitôt qu'elle est fondue, on la travaille à la température la plus basse possible : le verre reste d'un blanc laiteux, tandis que, si l'on eût donné un coup de feu et notablement plus élevé la température, le verre fût redevenu incolore et transparent.

Si dans l'opération ci-dessus le verre étonné a été primitivement coloré par de l'oxyde ou du sulfate de cuivre, le verre laiteux obtenu sera coloré en bleu-turquoise.

HYALITHE. On donne le nom d'*hyalithe* à un verre completement opaque, habituellement noir, qui se distingue par une dureté et un éclat vraiment remarquables, et se marie très bien avec l'or. On peut sans nul inconvénient l'employer à la fabrication de vases destinés à renfermer des liqueurs bouillantes, tels que théières, tasses à café, etc., sans craindre qu'il lui arrive de se rompre. On l'a fabriqué pour la première fois en 1820, dans les belles usines que M. le comte de Buquoi possède en Bohême.

Pour préparer l'hyalithe noir on ajoute aux éléments du verre blanc ordinaire un mélange de poudre d'os calcinés, de scories de forge pauvres pulvérisées, et de poussier de charbon en certain excès. Souvent il arrive que la fusion du verre n'est pas complète et qu'il est encore bulleux, parce que le mélange ou le dosage des matières n'est pas bien fait ; il faut alors étonner le

Digitized by Google

verre obtenu, le bocarder de nouveau et le refondre après y avoir ajouté ce qui pouvait y manquer. On peut remplacer les scories de forge par du basalte ou de la lave.

Si on n'ajoute pas assez de charbon, le verre prend une couleur verte plus ou moins foncée, et par la taille présente des bigarrures très régulières.

Il en est de même de l'hyalithe jaune brun plus ou moins foncé, que l'on obtient en remplaçant les scories de forge par les scories du travail d'une galène argentifère au fourneau à manche.

On obtient aussi de l'hyalithe rouge avec un mélange de poudre d'os calcinés, d'oxyde de cuivre et de charbon. — Toutes ces variétés sont susceptibles de se marbrer par la taille.

La coloration en noir de l'hyalithe peut probablement s'expliquer comme il suit : en présence d'un excès de silice l'oxyde de fer n'est pas réduit, il est seulement ramené par le charbon à l'état de protoxyde et tend à colorer le verre en vert-foncé. L'excès de charbon, probablement en transformant en sulfures la faible quantité de sulfates alcalins que renfermait la potasse employée, tend de son côté à colorer le verre en jaune topaze plus ou moins foncé, passant même dans certains cas au rouge-pourpre. Or l'on sait qu'on peut obtenir du noir par le mélange du vert et du rouge; la seule difficulté consiste donc à employer des proportions convenables d'oxyde de fer et de charbon.

Si la quantité de charbon est insuffisante, il est évident, d'après ce qu'il vient d'être dit, que l'hyalithe prendra une teinte verdâtre; l'expérience prouve qu'il est alors composé de couches concentriques ayant des nuances différentes, que l'on met en évidence par la taille ; doit-on attribuer la formation de ces zones, analogue à celle que présentent beaucoup de laitiers de hauts-fourneaux, à une sorte de dévitrification, à une oxydation ou à une réduction, qui se propage de l'extérieur à l'intérieur pendant le travail et le recuit? — c'est ce qu'on ne saurait décider sans quelques essais qui n'ont pas été faits.

Tout ce que nous venons de dire relativement à l'hyalithe noir et à l'hyalithe vert zoné, s'applique également aux autres hyalithes.

En résumé, on peut dire que l'hyalithe est propre à remplacer la porcelaine dans un grand nombre de cas, jouit de beaucoup d'éclat et est susceptible de recevoir un poli parfait. Il serait à désirer que la fabrication de ce produit s'introduisît en France, où il n'est pas connu.

VERRES FILIGRANÉS. La fabrication des verres filigranés est connue depuis des siècles des Vénitiens et des Bohêmes; néanmoins leurs procédés étaient demeurés secrets, et c'est à M. Bontemps, le directeur de la cristallerie de Choisy-le-Roi, que nous avons déjà cité dans cet article en parlant de la fabrication des verres d'optique, que l'on doit les essais qui firent renaître en France cette industrie. Actuellement la fabrique de M. Nocus, à Saint-Mandé, près Paris, et la cristallerie de Saint-Louis livrent au commerce une grande quantité de verres filigranés. Nous allons décrire la fabrication de ces verres, d'après M. Bontemps.

On donne le nom de *verres filigranés* à des verres dans lesquels s'enlacent mille filets de verre blanc opaque ou coloré, en affectant une foule de formes diverses, qui, bien que séparément irrégulières, présentent en général dans leur ensemble une sorte de symétrie.

Les verres filigranés sont composés d'un certain nombre d'éléments fabriqués à part ; ainsi un vase quelconque est formé de vingt, de trente, ... baguettes juxtaposées, réunies par la chaleur du four de travail et soufflées ensuite comme une masse unique de verre. Supposons d'abord ces baguettes à filets fabriquées : nous expliquerons plus loin leur fabrication. On les place contre la paroi intérieure d'un moule cylindrique en métal, ou en terre à creusets, et on les fixe au fond du moule au moyen d'une petite couche en terre molle, dans laquelle on fixe leurs extrémités ; on fait chauffer ce moule auprès du four de verrerie, non pas jusqu'à ramollir les baguettes, mais seulement assez pour les rendre susceptibles d'être touchées par du verre chaud sans se briser ; puis, avec une canne, on prend dans un creuset du verre ou du cristal transparent en petite quantité, et on souffle une petite *paraison* (c'est-à-dire une préparation de pièce) cylindrique d'un diamètre un peu moindre que le vide que laissent entre elles les petites baguettes dans le moule ; on chauffe fortement la paraison, on l'introduit dans l'intérieur du moule, et on souffle de manière à la presser contre les baguettes ; celles-ci ne tardent pas à adhérer à la paraison, de telle sorte que, en élevant la canne et retenant le moule, cette paraison entraîne avec elle les petites baguettes ; on réchauffe le tout de manière à rendre l'adhérence complète et à ramollir les baguettes, puis on marbre, c'est-à-dire qu'on roule le tout sur une plaque de fonte polie ; on réchauffe encore, on souffle un peu, et on *tranche* avec les *fers* (sorte de pince) un peu au-dessus du fond, de manière à réunir les baguettes en un point central ; on obtient ainsi une masse que l'on travaille comme une paraison ordinaire. Par les opérations de marbrer et de souffler, les baguettes se trouvent aplaties extérieurement et intérieurement, ce qui produit sur les dessins des filigranes les effets que nous remarquerons en parlant plus loin en détail des baguettes. Si l'on n'a donné aucun mouvement de torsion à la paraison, les dessins restent longitudinaux comme les baguettes et dans des plans passant par l'axe de la pièce ; mais, si, après avoir fait adhérer les baguettes, on imprime un mouvement de rotation sur elle-même à la canne en retenant l'extrémité inférieure des baguettes avec les *fers*, on produit une torsion qui donne aux baguettes une direction en spirale qu'elles conservent quand on termine la pièce par les moyens ordinaires. Il est plus difficile de maintenir les baguettes dans leur position primitive, dans un plan passant par l'axe de la pièce ; il faut que l'ouvrier ait la main très légère pour qu'en modulant sa pièce il n'imprime pas près du *pontil*, et surtout à l'évasement de la pièce, un léger mouvement de torsion.

Après avoir indiqué de quelle manière on fabrique les pièces filigranées quand on a les baguettes qui en forment les éléments, nous allons passer à la fabrication de ces baguettes. La base de toutes est un filet simple enveloppé de verre transparent. Pour faire les filets simples, on prépare d'abord du verre blanc rendu opaque au moyen de l'oxyde d'étain. On prend au bout de la canne, dans le creuset, environ 200 grammes de verre opaque, on marbre ce verre de manière à en former un cylindre de $0^m,06$ à $0^m,08$ de longueur, on le laisse un peu refroidir, puis on le plonge dans du verre blanc transparent en fusion, de manière à lui former une enveloppe d'environ $0^m,005$ d'épaisseur ; on marbre de nouveau, puis, chauffant fortement et appliquant ensuite à l'extrémité opposée à la canne un *pontil* garni de verre chaud, on étire ce cylindre comme un tube, jusqu'à ce que son diamètre soit réduit environ à $0^m,004$ ou $0^m,006$; enfin, on partage cette *tirée* en fragments ayant ordinairement de $0^m,08$ à $0^m,05$ de longueur. Outre ces baguettes à filets simples, il faut aussi préparer des baguettes semblables en verre transparent.

Pour obtenir des baguettes à filets en spirales rapprochées, qui, par leur aplatissement, produisent des réseaux à mailles égales, on garnit l'intérieur d'un moule en métal ou en terre, semblable à celui dont nous avons parlé plus haut, de baguettes à filets simples alternant avec des baguettes en verre transparent, puis on prend,

Digitized by Google

au bout d'une canne, du verre transparent dont on forme un cylindre massif qui puisse entrer dans le moule garni de baguettes, et chauffé préalablement un peu au-dessous du rouge ; on chauffe fortement ce cylindre et on l'introduit dans le moule où on le refoule de manière à presser les baguettes qui adhèrent ainsi contre le verre transparent ; puis, retirant le moule, on enlève la canne et on entraîne ainsi les baguettes avec le cylindre ; on chauffe encore et on marbre pour rendre l'adhérence plus complète ; enfin, chauffant l'extrémité du cylindre, on tranche d'abord cette extrémité avec les fers, on la chauffe de nouveau, on la saisit avec une pincette ou avec les fers, et on la tire de longueur avec la main droite pendant que de la main gauche on fait tourner rapidement la canne sur les *bardelles* du banc de verrier. Pendant que l'extrémité de la colonne s'allonge, les filets s'enroulent en spirale autour d'elle. Quand on a amené, à l'extrémité, une baguette de la dimension voulue, environ 0^{m},006 de diamètre, et que les filets sont suffisamment enroulés, on tranche avec la pincette, on chauffe de nouveau l'extrémité de la baguette, et, la saisissant et l'étirant pendant qu'on roule rapidement la canne, on confectionne une nouvelle baguette, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la colonne soit étirée.

Pour fabriquer des baguettes qui par leur aplatissement produisent des filets en quadrilles, on place dans le moule, aux deux extrémités d'un seul diamètre, trois ou quatre baguettes à filets simples alternées avec des baguettes en verre transparent ; on garnit ensuite le reste de la capacité intérieure du moule de baguettes transparentes, afin de maintenir les baguettes à filets dans leur position, et on opère comme précédemment.

Pour obtenir des baguettes produisant, par leur aplatissement, des grains de chapelet, on fait une *paraison* soufflée dont on ouvre l'extrémité opposée à la canne, de manière à produire un petit cylindre ouvert ; on l'aplatit afin de ne donner passage qu'à des baguettes, et on introduit dans le fourreau ainsi formé quatre, cinq ou six baguettes à filets simples, alternées avec des baguettes de verre transparent ; on réchauffe, on ferme l'extrémité opposée à la canne, puis on presse sur la paraison plate tandis qu'un aide aspire l'air de la canne de manière à le faire sortir de la paraison et à produire un massif plat dans lequel sont logés les filets. On rapporte successivement une petite masse de verre chaud transparent sur chacune des parties plates de la paraison, et on marbre pour cylindrer la masse : on obtient ainsi une petite colonne dans l'intérieur de laquelle sont rangés, sur un même diamètre, les filets opaques ; on procède ensuite comme pour les baguettes précédentes en chauffant et étirant l'extrémité pendant qu'on roule rapidement la canne sur les *bardelles*. Par ce mouvement de torsion, la ligne des filets se présente alternativement de face et de profil, et produit des grains de chapelet.

Il arrive souvent que l'on combine ces grains avec les quadrilles des baguettes précédentes, en introduisant, dans le moule préparé pour les baguettes à quadrilles, le cylindre préparé pour les grains de chapelet. Du reste, les combinaisons que nous venons d'indiquer mettent sur la voie d'une foule d'autres que le verrier peut opérer.

Quelquefois on ménage, au centre d'une des baguettes, un filet en zig-zag, ordinairement coloré : pour cela on prépare un premier cylindre massif en verre transparent d'un diamètre moitié de celui que l'on veut étirer, et on fait adhérer le long d'une des arêtes de ce cylindre, une petite baguette colorée ; on recouvre le tout d'une nouvelle couche de verre transparent d'épaisseur suffisante pour produire le cylindre destiné à entrer dans le moule des baguettes à filets. La petite colonne colorée, n'étant pas au centre du cylindre, tournera en spirale autour de ce centre par le mouvement d'étirage et de torsion, et produira un zig-zag par l'aplatissement.

Parmi les pièces de Venise, et ce sont peut-être les plus remarquables, il en est qui présentent un réseau de filets simples à mailles égales dont chacune renferme une bulle d'air : ce genre est le plus difficile à produire ; on y parvient, toutefois, en soufflant une première paraison à filets simples tordus, puis une deuxième paraison à filets simples tordus en sens inverse ; on ouvre l'une de ces paraisons et on y introduit l'autre de manière à les faire adhérer ; les filets se croisent alors et produisent des mailles qui sont égales si les paraisons ont été bien préparées. Si le verre opaque est dur, les cannelures produites par les baguettes se maintiennent à un certain degré quand on souffle la paraison ; ces cannelures tordues en sens inverse venant à se croiser quand on engage l'une des paraisons dans l'autre, une bulle d'air restera renfermée dans chaque maille quand les deux paraisons seront réunies ; on termine ensuite la pièce comme à l'ordinaire.

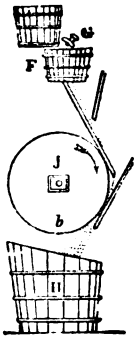
Verres mosaïques. Indépendamment des verres filigranés, les anciens, les Vénitiens et les Allemands ont fabriqués, par des procédés analogues, des verres mosaïques plus connus sous le nom de *millefiori*. Voici, également d'après M. Bontemps, la manière d'opérer :

Les éléments, au lieu d'être des baguettes, sont des tronçons de baguettes dont la section présente des étoiles ou autres formes symétriques composées de plusieurs couleurs ; par exemple, on forme, au bout d'une canne, un petit cylindre en verre rouge massif autour duquel on applique cinq ou six cueillages de verre bleu-turquoise qu'on façonne avec une pincette pour former des ailes prismatiques triangulaires dont la base est sur le cylindre rouge, puis on remplit les intervalles entre ces ailes avec du verre d'une autre couleur, soit blanc-opaque ou jaune ; on marbre et on enveloppe le tout d'une couche de verre de couleur transparente, soit violet-clair ; on peut ensuite introduire cette colonne dans un moule garni intérieurement de baguettes d'une autre couleur, soit blanc-opaque, qui, par leur section, feront un tour de perles blanches. Enfin, quand on a composé la colonne comme on le désire, on la chauffe fortement et on l'étire à la grosseur de 0^{m},010 à 0^{m},012 ; on peut faire varier à l'infini les formes et les couleurs des sections. On tranche ensuite les colonnettes en tronçons d'environ 0^{m},040 de longueur, et c'est avec ces tronçons qu'on compose les pièces mosaïques ou *millefiori ;* pour cela on garnit de tronçons l'intérieur d'un moule, et l'on fait chauffer au rouge-brun, puis on souffle une paraison à laquelle on donne à peu près la forme du moule ; on la réchauffe et on l'engage dans le moule, de manière à faire adhérer les tronçons contre la paraison ; on réchauffe de nouveau, on souffle, on marbre, et on opère enfin par les moyens ordinaires. Une méthode préférable consiste à faire une paraison dont on fait revenir intérieurement le fond vers la canne, de telle sorte que cette paraison, étant détachée de la canne, présente une ouverture circulaire composée de deux parois concentriques ; on laisse refroidir, puis, on introduit entre ces parois des tronçons de baguettes afin de remplir autant que possible tout le vide ; on réchauffe peu à peu cette paraison, on prépare une canne dont l'extrémité est garnie d'un disque de verre chaud qui n'intercepte pas le trou de la canne, on adapte ce disque contre le bord supérieur de la paraison et on aspire par la canne l'air renfermé entre les tronçons et les parois de la paraison ; enfin, prenant une autre canne préparée de la même manière, on l'applique contre le côté opposé de la paraison que l'on détache de la première canne : l'intérieur du fond rentré formera alors l'intérieur de la paraison que l'on souffle avec la

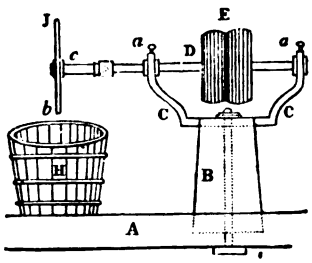
Digitized by Google

deuxième canne, et que l'on travaille par les procédés ordinaires.

TAILLE DES VERRES. Les cristaux ordinaires sont en général moulés, les verres fins dits cristaux de Bohême, au contraire, sont toujours taillés. On se sert à cet effet de meules verticales en fer, en pierre ou en bois, mues avec le pied des ouvriers, ou plus souvent par une roue hydraulique et l'intermédiaire de courroies sans fin; ces meules J *b* sont montées sur une espèce de tour A B C, comme l'indiquent les fig. 2548 et 2549 :



2548.



2549.

a, *a*, sont les coussinets qui supportent l'arbre du tour, D et E sont les poulies sur lesquelles on place la courroie sans fin motrice.

Les meules en fer servent à dégrossir les pièces; l'eau y arrive continuellement à l'aide d'un sabot placé au-dessus et percé au bout d'un trou bouché par quelques brins de paille, de sorte que l'écoulement se fasse en filet très mince; au-dessous de la meule, il y a un baquet H contenant du sable que l'ouvrier prend avec la main pour le jeter sur la meule, etc. D'autres fois l'eau arrivant d'un réservoir dont le débit est réglé par le robinet G, tombe d'abord dans un vase F rempli de sable dont elle entraîne une partie avec elle sur la meule. Les pièces sont ensuite passées sur des meules en grès, puis sur des meules en bois, d'abord avec les boues des sables précédemment employés, puis avec de l'émeri, de plus en plus fin, et enfin on les termine avec de la potée d'étain que l'on met souvent sur une meule à sec recouverte d'une étoffe de laine. On se sert pour tailler et polir les verres, tantôt des faces planes et latérales des meules, tantôt de leur partie cylindrique ou de leurs arêtes, suivant les pièces qu'il s'agit de tailler.

On fabrique depuis quelques années beaucoup d'objets mi-mats, mi-polis. Les parties mattes s'obtiennent en dégrossissant par places le verre sans le polir. On emploie aussi souvent, soit dans le même but, soit pour graver sur le verre (voyez GRAVURE SUR VERRE), l'acide hydrofluorique liquide ou gazeux que l'on prépare avec :

Spath fluor (fluorure de calcium).	1 partie.
Acide sulfurique à 66°. . . .	2 —

On prend alors le soin de recouvrir tout le verre d'un vernis formé de :

Cire.	4 parties.
Essence de térébenthine. . .	1 —

que l'on enlève ensuite au burin dans les points que l'on veut attaquer.

La manière dont s'opère la taille des verres d'optique pour les grandes lentilles à échelons a déjà été décrite au mot PHARE; pour la taille des lentilles achromatiques et des verres de lunettes, qui s'opère par des procédés basés sur les mêmes principes, nous renverrons le lecteur au *Manuel des myopes et des presbytes*, de M. Charles Chevalier, et au *Manuel complet du micrographe*, du même auteur.

Depuis quelques années on dépolit à l'intérieur beaucoup de globes pour les lampes; cette opération est très simple : elle consiste à mettre dans les globes une certaine quantité de sable d'un grain égal, à boucher ensuite les globes, et à les emballer dans un tambour auquel on communique un mouvement de rotation : la surface intérieure des globes se trouve très également dépolie dans un espace de temps très court.

DÉCORATION DES VERRES. La décoration des verres, outre les effets qui résultent du moulage et de la taille des verres simples et doublés, comprend la dorure, l'argenture, la platinure, l'incrustation et la peinture sur verre.

Dorure. Pour dorer les verres, on prend de l'or à peu près fin que l'on dissout dans l'eau régale, puis que l'on précipite de sa dissolution par de la potasse, ou mieux par du sulfate de protoxyde de fer, auquel cas la pureté de l'or primitivement employé est tout à fait indifférente. Le précipité qui se forme est recueilli sur un filtre, bien lavé à l'eau bouillante, complétement desséché, puis mêlé avec un peu de borax calciné et finement pulvérisé, et le tout est réduit en bouillie épaisse avec un peu d'essence de térébenthine. C'est cette bouillie que l'on applique à l'aide d'un pinceau sur le verre; on chauffe ensuite celui-ci au feu de moufle à une température assez élevée pour volatiliser complétement l'essence de térébenthine et vitrifier le borax. L'or se trouve ainsi solidement fixé sur le verre et il ne reste plus qu'à lui donner le bruni, ce qui se fait d'abord avec un polissoir de sanguine, puis avec un brunissoir en agate. On opère en un mot exactement comme pour dorer la porcelaine.

On dore surtout les verres rouges et noirs, l'hyalithe et quelquefois les verres bleus et verts.

Argenture. L'argenture se pratique absolument de la même manière que la dorure. On prépare la poudre d'argent, dont on a besoin, en précipitant le nitrate d'argent par un barreau de cuivre.

L'argent se marie surtout très bien avec les verres opalins blancs, verts et bleus.

Platinure. La platinure est beaucoup moins usitée que l'argenture et la dorure, et s'exécute de même, en ayant soin de remplacer les poudres d'argent ou d'or par du noir de platine ou du chlorure double de platine et d'ammoniaque bien lavé. La couleur du platine s'approche plus de celle du blanc d'acier que de celle du blanc d'argent.

Incrustations. L'art d'incruster le verre paraît avoir été inventé en Bohême au XIII^e^ siècle; il s'était ensuite entièrement perdu et n'a été retrouvé que depuis peu. Il consiste à incruster dans le verre, lors du travail, de petites figures en argile blanche, que l'on recouvre ensuite d'une couche de verre transparent, et qui présentent, à s'y méprendre, le reflet et l'apparence de l'argent mat.

Peinture sur verre. Dans la peinture sur verre on emploie des fragments de verres colorés que l'on réunit avec des plombs, après les avoir découpés convenablement, pour faire les teintes plates, les ciels, les draperies, les ornements, etc. Les ombres, les têtes, les mains, etc., se font avec des *couleurs vitrifiables* que l'on cuit ensuite à la moufle; nous n'avons pas à revenir sur la préparation et l'application de ces couleurs, en ayant déjà parlé dans ce dictionnaire à l'article POTERIE. Ce qui caractérise surtout la peinture sur verre, c'est que le peintre fait souvent un emploi simultané des deux surfaces du verre. La surface placée du côté du spectateur reçoit toutes les ombres qui sont ainsi plus vives et mieux arrêtées. On y place aussi en général toutes les couleurs nuancées et on rejette tout l'enluminage du côté opposé; on peut alors se servir

Digitized by Google

ainsi de couleurs qui s'entrenuiraient au contact et dont la superposition produit des teintes particulières.

VERRE A GLACES. La fabrication des glaces a longtemps été le monopole des Vénitiens qui les préparaient par un procédé de soufflage analogue à celui qu'on emploie pour la fabrication du verre à vitres en tables. Ce procédé fut importé en France en 1665 et il s'établit à Tour-la-Ville, près de Cherbourg, une manufacture de glaces soufflées, qui n'a cessé d'exister qu'en 1808. Ce fut vingt-trois ans plus tard, en 1688, qu'Abraham Thévart imagina de couler les glaces; son établissement, construit d'abord dans la rue de Reuilly, au faubourg Saint-Antoine, fut transféré peu de temps après à Saint-Gobain, près la Fère, où il existe encore.

En France on ne fait actuellement que des glaces coulées; en Allemagne, au contraire, nous ne connaissons qu'une seule fabrique de glaces coulées, dans le Bœhmerwaldgebirge; en revanche, à Venise et en Bohême on y fabrique une grande quantité de glaces soufflées.

Glaces soufflées. Les glaces soufflées se fabriquent, comme nous venons de le dire, presque en totalité dans l'empire d'Autriche. Les glaces de Bohême sont toutes à base de potasse et présentent d'ordinaire une légère teinte verdâtre dans la tranche; la proportion d'alcali est plus forte que dans le verre à vitres blanc, ce qui les rend plus fusibles. On les fabrique dans des fours généralement rectangulaires, contenant sur chaque banquette trois pots circulaires, dont la durée est de 3 à 4 mois et la charge de 480 kilogrammes. Il y a, par four de fusion, six fours d'étendage annexés à autant de fours à recuire et disposés tout à fait comme ceux dont nous avons parlé à l'article de la fabrication des verres à vitres, avec cette seule différence : 1° qu'ils ont des dimensions plus considérables; 2° que le combustible est chargé sur une grille latérale, séparée par un petit autel du four d'étendage, duquel la flamme passe ensuite dans le four à recuire. Il y a en tout deux tiseurs et cinq fondeurs employés au four de fusion et trois étendeurs aux fours d'étendage.

La manipulation est la même que pour le verre à vitres et consiste à souffler de grands cylindres que l'on ouvre ensuite suivant une génératrice : seulement elle offre plus de difficultés par suite du volume des pièces à manœuvrer. Après vingt-quatre heures de fusion, les cinq fondeurs se réunissent pour travailler le verre de l'un des pots, puis ils se reposent pendant deux heures, passent à un second pot et ainsi de suite. Le travail de chaque pot dure environ deux heures, de sorte qu'une fonte complète dure quarante-huit heures : on dépense, pendant ce temps, tant dans le four de fusion que dans les fours d'étendage, 54 stères de bois, soit 5 stères par 100 kilogrammes de matières frittées chargées dans les pots.

La plus grande glace soufflée, qui fut à l'exposition de Vienne, en 1845, avait $2^m,16$ sur $1^m,40$; c'est là une limite maximum, un véritable tour de force, que les glaces soufflées n'atteignent pas ordinairement.

GLACES COULÉES. Dans l'usine que nous avons vue en Allemagne, les glaces coulées sont à base de potasse; en France et en Belgique elles sont à base de soude. L'épaisseur considérable qu'on est obligé de leur donner quand elles ont de grandes dimensions, tant à cause de l'usure qu'elles doivent subir par le polissage que pour leur procurer une résistance suffisante, les rend sujettes à renfermer, dans la masse du verre qui les compose, des bulles ou des stries qui réfléchissent les objets en différents sens de manière à défigurer les images; on cherche autant que possible à prévenir ces défauts en employant des matières très pures, en augmentant la fusibilité du verre par une plus forte proportion d'alcali, et en lui faisant subir un affinage prolongé. Voici, du reste, d'après M. Dumas, la composition de deux verres à glaces différents :

	(1)	(2)
Silice.	0,759	0,7385
Potasse.	—	0,0550
Soude.	0,175	0,1205
Chaux.	0,038	0,0560
Alumine.	0,028	0,0350
	1,000	1,0050

Pendant longtemps on a exclusivement chauffé au bois les fours de fusion, mais on a reconnu qu'on pouvait tout aussi bien employer la houille; il n'est même pas nécessaire, dans ce dernier cas, de couvrir les pots; il suffit de laisser la matière séjourner deux ou trois heures de plus dans les pots et dans les cuvettes.

Les fours sont carrés ou rectangulaires; on leur annexe ordinairement des fours, chauffés à flammes perdues, dans lesquels on cuit les pots et les cuvettes, et fritte les matières premières. On place dans les fours de fusion deux sortes de creusets, les *pots* et les *cuvettes*; les premiers servent à opérer la fusion; les autres à recevoir le verre fondu, qui achève de s'y affiner. Trois pots contiennent la matière pour six petites cuvettes, ou pour trois grandes servant pour les glaces de grandes dimensions. Depuis peu on construit des fours à six pots et à douze cuvettes et des cuvettes de trois grandeurs; ces dernières ont la forme d'une pyramide tronquée et renversée, à base carrée pour les petites, et à base rectangle pour les moyennes et les grandes. Vers le milieu de leur hauteur, on ménage un renfoncement qui règne tout autour, et qu'on nomme ceinture de la cuvette; c'est par là qu'on les saisit avec les tenailles, après avoir enlevé la tuile qui forme la paroi correspondante du four.

Voici la composition moyenne du mélange chargé à Saint-Gobain, dans les pots :

Sable très blanc.	300
Carbonate de soude sec. . . .	100
Chaux éteinte à l'air.	43
Calcin.	300

Le calcin n'est introduit dans le mélange qu'après le frittage, et après avoir été lui-même étonné à part et pulvérisé.

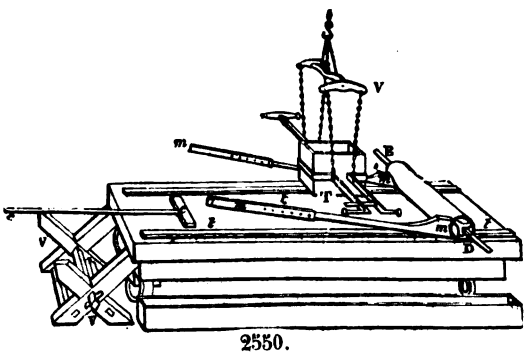
La charge des pots se fait en trois fois. La matière séjourne seize heures dans les pots et autant dans les cuvettes; au bout de ce temps, on commence la coulée. Pendant les deux ou trois dernières heures, on cesse de tiser et d'ajouter du combustible, et on bouche les ouvreaux; on laisse ainsi la matière première prendre la consistance convenable : c'est ce qu'on appelle *faire la cérémonie*.

L'action de transvaser les verres des pots dans les cuvettes porte le nom de *trejetage*. Avant de trejeter, on soumet les cuvettes au *curage*, opération qui a pour but d'en ôter le verre qu'elles ont retenu, ou les ordures qui pourraient être tombées après la coulée. A cet effet, on les retire rouges du four, et on les place près d'un baquet plein d'eau; on se hâte d'enlever avec une poche le vieux verre qui se trouve amassé dans le fond du vase, et on le jette à mesure dans le baquet. Si la cuvette est neuve et n'a point encore servi, on y verse un peu de verre fondu pour la laver et on procède au curage comme à l'ordinaire. Le curage achevé, on replace les cuvettes dans le four, et, après quelques instants de chauffe, on procède au trejetage. Pour cela, un ouvrier cueille dans le creuset, au moyen d'une cuillère en cuivre, tout le verre nécessaire pour remplir la cuvette. Il a soin de refroidir sa cuillère de temps en temps, pour l'empêcher d'entrer en fusion et pour que le verre n'y adhère pas. Le trejetage exige deux ouvriers qui se succèdent; chacun d'eux puise trois fois du verre, d'où

Digitized by Google

vient le mot tréjeter, jeter trois fois, et il plonge ensuite sa cuillère dans l'eau froide. Le four est ensuite fermé et les cuvettes abandonnées à elles-mêmes, pour que le verre s'affine, c'est-à-dire pour que les bulles, excitées dans sa masse par le tréjetage, s'en dégagent, et pour que l'excès d'alcali se volatilise entièrement. La fusion, l'affinage et la cérémonie étant achevés, on tire les cuvettes du four pour faire la coulée. Chaque cuvette fournit une glace.

Pendant que le verre prend dans les cuvettes la consistance nécessaire, on doit s'occuper à chauffer les *carquaires*, ou fours à recuire, et la table de coulée. Cette dernière est ordinairement en bronze, coulée d'une seule pièce, et d'une épaisseur d'environ $0^m,11$; sa face doit être parfaitement unie. Actuellement, on la fait quelquefois en fonte : on lui donne alors une plus grande épaisseur. Deux règles en bronze *t*, *t* (fig. 2550), de $0^m,027$ de large et de la longueur de la table elle-même, déterminent l'épaisseur de la glace, qui est de $0^m,008$ au moins. Ces tringles sont posées sur la table au moment du coulage; leur écartement détermine la largeur et la longueur de la glace. Pour étaler la masse de verre sur la table, on se sert d'un rouleau E D. Le rouleau étant arrêté par l'épaisseur des tringles, il ne laisse entre lui et la table que le verre nécessaire à la formation de la glace. Cet instrument est creux ; sa longueur est égale à la largeur de la table; son diamètre varie suivant les usines de $0^m,30$ à $0^m,50$; il s'appuie sur les règles en bronze *t*, *t*, et pèse de 300 à 450 kilogrammes, selon la grandeur et l'épaisseur des glaces à couler.



2550.

La carquaise étant chauffée au rouge-brun, la table de coulée ayant acquis une température convenable, et le verre étant épaissi au point nécessaire, on approche la table près de l'embouchure de la carquaise, on la nettoie, on met les tringles sur chaque côté de la face plane de la table, on prépare le rouleau, et on procède à l'opération du coulage. A cet effet, on enlève la tuile qui ferme l'ouvreau en regard de la cuvette que l'on veut enlever, puis, deux ouvriers saisissent latéralement la cuvette par sa ceinture, avec des tenailles montées sur deux roues, tandis qu'un autre ouvrier la détache de son siége avec une *pince à élocher*. Arrivée à l'entrée de l'ouvreau, elle est reçue et posée sur un chariot, dit *chariot à terrasse*, et conduite près de la table de coulée. Là, on l'écrème, puis on la saisit avec la tenaille T, suspendue par quatre chaînes à la potence V, on l'élève à $0^m,32$ environ au-dessus de la table, on l'assure partout à l'extérieur, ensuite on renverse le verre sur la table entre les deux règles, en commençant du côté de l'embouchure de la carquaise, et en tirant la cuvette du côté opposé. Immédiatement avant la coulée, deux ouvriers placent en dedans des tringles, deux *mains* en fer *m*, *m*, pour empêcher le verre de se répandre au-delà des tringles et de donner lieu à des bavures, tandis qu'un troisième ouvrier promène sur la table la *croix à essuyer*, entourée d'un linge *c*, pour enlever la poussière et les corps étrangers qui pourraient s'interposer entre la table et la glace. Aussitôt que la cuvette est vidée, on met le cylindre en mouvement et on le fait rouler sur les tringles et sur le verre coulé, qui s'aplatit alors dans toute sa longueur et remplit uniformément l'espace qui se trouve entre les deux tringles. Le rouleau ayant parcouru toute la longueur de la table, on le remet sur son chevalet ; il ne peut servir que pour deux glaces consécutives. Il faut alors le retirer pour le laisser refroidir, et le remplacer par un autre rouleau. On ôte aussitôt les tringles et on casse les bavures qui peuvent exister sur les deux côtés de la glace ; pendant ce temps, un ouvrier ferme le rebord, ou ce qu'on nomme la tête de la glace, tandis qu'on nettoie la sole de la carquaise et qu'on la sable pour que la glace puisse y glisser sans obstacle. Comme la glace est encore molle au moment où on l'introduit dans la carquaise, l'effort qu'on est obligé d'exercer sur sa tête, pour la pousser sur la sole, produit à la surface de la glace des ondulations très fortes que le polissage fait disparaître. Nous avons vu, dans une usine, pousser à la fois dans le four à recuire la glace et la table de coulée; on employait alors des tables de diverses grandeurs, suivant les glaces, et d'une épaisseur plus faible ; mais il n'en fallait pas moins un matériel considérable, ces tables étant d'un prix très élevé. Pendant l'enfournement, d'autres ouvriers sont occupés à retirer du fourneau de fusion une nouvelle cuvette, qui arrive près de la table de coulée au moment où la glace précédente vient d'être introduite dans la carquaise. Lorsque toutes les glaces de la même coulée ont été introduites dans la carquaise, on en bouche soigneusement tous les orifices et on laisse refroidir le tout spontanément.

Lorsque le refroidissement du four est complet, on retire avec précaution les glaces les unes après les autres, puis on les porte au magasin. Là, à l'aide d'un diamant brut à rabot et d'une règle à équerre, on retranche d'abord la tête de la glace, puis, après un examen attentif de toutes ses parties, et en tenant compte de ses défauts et imperfections, on la rogne ou divise en fragments de plus faibles dimensions.

Polissage des glaces. Le polissage des glaces comprend deux opérations, le dégrossissage et le douci.

Le *dégrossissage* s'exécute en frottant deux glaces l'une contre l'autre, avec l'intermédiaire de sable de rivière ou de toute autre matière siliceuse pulvérisée ; à cet effet, les glaces sont fixées avec du plâtre sur des plateaux en pierre, ordinairement en calcaire compacte. Une roue hydraulique imprime, par un mécanisme dont il est facile de se rendre compte et qui varie dans chaque usine, un mouvement de va-et-vient aux plateaux supérieurs, qui sont susceptibles de tourner sur eux-mêmes et glissent sur les plateaux inférieurs, qui sont fixes; ces derniers sont toujours plus grands que les plateaux mobiles. Le seul travail de l'ouvrier consiste à imprimer de temps en temps un mouvement de rotation aux plateaux supérieurs (il est très facile de le faire faire par la roue motrice même, et c'est ce qu'on fait dans plusieurs usines), et à jeter, sur les plateaux inférieurs, avec une truelle en bois, un mélange d'eau et de sable. Il va sans dire que l'on doit employer des sables de plus en plus fins, à mesure que l'opération avance. Un seul ouvrier peut desservir le dégrossissage de deux grandes glaces ou de quatre petites. Le premier côté étant fait, on retourne les glaces pour travailler l'autre face de la même manière; il faut seulement avoir soin ici que cette seconde face soit rigoureusement parallèle à la première, c'est-à-dire que la glace ait partout la même épaisseur.

Digitized by Google

Le *douci* des glaces dégrossies s'exécute, soit à la main, soit le plus souvent par des moyens mécaniques, en les faisant frotter par une rangée de petits plateaux de calcaire, en nombre variable suivant la grandeur des glaces à polir, et garnis, sur la partie frottante, d'un feutre enduit de colcothar ou rouge d'Angleterre de plus en plus fin.

Étamage des glaces. Les glaces sont quelquefois employées sans étamage, comme carreaux de vitres, etc., mais le plus souvent elles sont destinées à servir de miroirs; dans ce cas on les étame en appliquant par derrière, soit un amalgame d'étain (voyez ÉTAMAGE), nous n'avons pas à revenir ici sur le premier de ces procédés qui ont déjà été décrits dans ce *Dictionnaire* à l'article précité, et nous dirons seulement quelques mots sur un nouveau procédé dû à M. Drayton et importé en France par M. Tourasse, qui a pris à ce sujet un brevet d'invention. Ce procédé, fondé sur les propriétés de l'aldéhydate d'argent, consiste à mêler une dissolution aqueuse de nitrate d'argent, à y mêler de l'alcool, du carbonate d'ammoniaque, de l'ammoniaque et de l'huile essentielle de cassia, et à verser la liqueur ainsi préparée sur la glace à étamer, en y ajoutant finalement de l'huile de girofle. Au bout de deux heures, l'opération est terminée, et la glace recouverte d'une couche d'argent parfaitement homogène, faisant miroir; pour la préserver de toute influence atmosphérique et de l'humidité des murs, on y applique une couche de vernis.

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES. Cette fabrication, qui date, en France, seulement d'une trentaine d'années, doit ses premiers et plus importants progrès aux travaux de M. Douault-Wieland. Nos fabricants ont actuellement acquis en ce genre une réputation bien méritée. Les pierres qu'ils fabriquent ne se distinguent guère des pierres gemmes naturelles que par une moindre dureté, ce qu'il est impossible d'éviter.

Dans la fabrication des pierres artificielles, il est beaucoup de précautions à prendre, que la pratique peut seule indiquer. Pour obtenir des masses bien fondues, bien homogènes, sans stries ni bulles, il faut employer des matières premières bien pures et mélangées dans un état de ténuité extrême; choisir les meilleurs creusets, fondre à un feu gradué, laisser les matières au feu pendant 24 à 30 heures, et ne faire refroidir les creusets que très lentement, afin que le verre obtenu éprouve un véritable recuit.

Strass incolore. La base de toutes les pierres artificielles est un boro-silicate à base de potasse et d'oxyde de plomb, qui porte le nom de *strass*. On s'en sert dans la bijouterie, pour faire les imitations de diamants. Voici différentes recettes qui donnent de bons résultats :

	(1)	(2)	(3)	(4)
Cristal de roche ou sable blanc.	300	300	300	300
Minium.	470	»	462	»
Céruse.	»	514	»	512
Potasse à l'alcool.	163	96	168	96
Borax.	22	27	18	27
Acide arsénieux.	1	1	0,5	1

Topaze. Voici la recette de M. Douault :

Strass très blanc.	1000
Verre d'antimoine.	40
Pourpre de Cassius.	1

On peut, avec le fer seul, obtenir une topaze assez belle avec le mélange suivant :

Strass incolore.	1000
Oxyde de fer.	10

Rubis. Souvent le mélange pour topaze donne une masse opaque, translucide sur ses bords et offrant dans ses lames minces une couleur rouge par transparence. Une partie de cette *matière topaze-opaque* et huit parties de strass, fondues dans un creuset de Hesse, qu'on laisse 30 heures au feu d'un four à potier, donnent pour résultat un beau cristal jaunâtre semblable au strass. Refondu au chalumeau, celui-ci produit le plus beau rubis d'Orient.

On fait un rubis moins beau avec :

Strass incolore.	1000
Oxyde de manganèse.	25

Émeraude. La composition qui imite le mieux l'émeraude naturelle est la suivante :

Strass incolore.	1000
Oxyde de cuivre pur.	8
Oxyde de chrôme.	0,2

En augmentant la proportion d'oxyde de chrôme ou d'oxyde de cuivre, et en y mêlant de l'oxyde de fer, on peut faire varier la nuance et imiter, soit le péridot, soit l'émeraude foncée.

Saphir. Cette pierre se prépare avec :

Strass incolore.	1000
Oxyde de cobalt très pur.	15

Améthyste. Voici la formule qui réussit le mieux :

Strass incolore.	1000
Oxyde de manganèse.	8
Oxyde de cobalt.	5
Pourpre de Cassius.	0,2

Aigue-marine. On l'obtient avec un mélange de :

Strass incolore.	1000
Verre d'antimoine.	7
Oxyde de cobalt.	0,4

Grenat-syrien ou *escarboucle.* Cette pierre, employée surtout pour les petits bijoux, s'obtient avec un mélange de :

Strass incolore.	1000
Verre d'antimoine.	500
Pourpre de Cassius.	4
Oxyde de manganèse.	4

Lorsque le montage des pierres artificielles le permet, on remédie souvent à leur peu de dureté en les recouvrant avec une pierre incolore naturelle, de peu de valeur, et plus dure qu'elles : on colle alors les deux pierres avec un peu de térébenthine. P. DEBETTE.

VER A SOIE. Voyez SOIE.

VERT-DE-GRIS, VERDET. Voyez ACÉTATE *de cuivre*.

VERT DE SCHÉELE. Cette couleur est un arsénite de cuivre que l'on obtient en dissolvant dans une quantité d'eau suffisante 1 partie d'acide arsénieux et 10 de sulfate de cuivre cristallisé, puis précipitant par un carbonate alcalin. En augmentant la proportion d'acide arsénieux, la nuance se charge de jaune. En effectuant la précipitation par un alcali caustique, la couleur devient très intense et très dure après la dessiccation.

VERT DE SCHWEINFURT. Ce vert, plus beau que le précédent, se prépare en décomposant à chaud une solution aqueuse de 6 parties de sulfate de cuivre par une autre solution contenant 6 parties d'acide arsénieux et 1 partie de potasse du commerce; aussitôt la précipitation achevée, on ajoute de l'acide acétique en léger excès, environ 3 parties. Peu à peu le précipité diminue de volume et, dans l'espace de quelques heures, il se change en une poudre légèrement cristalline et d'un beau vert que l'on lave avec soin par décantation. On peut dans cette préparation remplacer le sulfate de cuivre par de l'acétate. On jaunit la nuance, au besoin, en augmentant la proportion d'acide arsénieux; on la rend d'un ton plus intense, en la faisant chauffer pendant quelque temps dans une légère solution alcaline.

Ce vert est, comme on le voit, un mélange ou une

Digitized by Google

combinaison d'arsénite et d'acétate de cuivre. Il est aussi connu dans le commerce sous les noms de *vert de Vienne* et de *vert de Brunswick*.

VERT DE VESSIE. Cette couleur, employée dans les peintures à l'eau, se prépare en faisant évaporer jusqu'à consistance d'extrait un mélange de 1 kilogr. de suc de baies de nerprun mûres, 250 grammes d'eau saturée de chaux et 32 grammes de gomme arabique, puis le renfermant dans des vessies que l'on suspend à l'air afin de pousser plus loin la dessiccation.

VIDANGE. Voyez DÉSINFECTION et ENGRAIS.

VIN (*angl.* wine, *all.* wein). Le vin est la liqueur obtenue par la fermentation du jus de raisin. Il existe un nombre infini de variétés de vins qui diffèrent toutes entre elles, par la couleur, la saveur, la consistance.

Les vins sont généralement *rouges* ou *blancs*, suivant qu'ils proviennent de raisins noirs ou blancs, suivant aussi qu'ils ont fermenté plus ou moins longtemps sur la pellicule.

Les vins sont *liquoreux* ou *secs*. Les vins liquoreux sont ceux dans lesquels le sucre n'a pas été complétement décomposé; ils sont plus ou moins spiritueux. Le sucre qu'ils renferment leur donne une consistance que n'ont pas les autres vins. Les vins secs sont ceux dans lesquels tout le sucre a disparu. Parmi les vins secs, se classent plusieurs variétés de liquides, depuis les vins fins jusqu'aux vins les plus communs.

Les *vins mousseux* sont des vins dont la fermentation n'a pas été complète et qui retiennent de l'acide carbonique en dissolution. Cet acide, en se dégageant, donne naissance à une mousse blanche qui s'élève sur le vin.

Le *raisin* est le fruit de la vigne, genre de plante dicotylédone, polypétale, de la famille des viniferes (Juss.), et de la pentandrie monogynie (Linn.). C'est un arbrisseau sarmenteux à feuilles alternes et à fleurs disposées en grappes opposées aux feuilles. On en connaît une vingtaine d'espèces, dont la moitié appartiennent à l'ancien continent, et le reste au nouveau. Aucun arbre fruitier n'a donné autant de variétés que la vigne. Chaque vignoble a ses variétés de raisins, qui quelquefois ne sont pas connues dans les vignobles voisins. Bosc avait été chargé par le gouvernement d'établir une nomenclature des vignes cultivées en France; il en avait réuni mille quarante espèces au Luxembourg.

Tous les climats ne sont pas propres à la culture de la vigne; dans le Nord, le raisin ne peut parvenir à une maturité complète, il ne contient presque aucun élément de fermentation spiritueuse; le suc exprimé venant à fermenter produit une liqueur aigre.

C'est entre le 40e et le 50e degré de latitude que la culture de la vigne est réellement avantageuse; c'est aussi entre ces limites que se trouvent les vignobles les plus renommés, tels que l'Espagne, le Portugal, la France, l'Italie, une partie de la Grece, etc.

La vigne croît partout, et elle est d'autant plus vigoureuse, que la terre où on la cultive est plus humide et plus grasse. Mais l'expérience montre que la qualité du vin n'est pas en rapport avec la force de la vigne qui le produit. La vigne est une des plantes dont la transpiration et la succion sont des plus abondantes. Ces propriétés indiquent le sol et l'exposition qui lui conviennent le mieux. On voit donc qu'une terre sèche, aride, composée de sable, de gravier, de cailloux, de rochers decomposés, etc., sera excellente. En effet, l'eau dont ces terres s'imprègnent circule et pénètre librement dans toute la couche; la racine se glisse aisément dans une terre aussi légère; enfin la couche de cailloux qui la recouvre la défend de l'ardeur du soleil.

La terre *sablonneuse* produit un *vin fin* : la *graveleuse* et la *caillouteuse* un *vin délicat;* la *roche brisée* un *vin fumant, généreux* et de *qualité supérieure;* les *détritus volcaniques* donnent, tantôt des vins excellents, comme ceux du Rhin, de l'Etna, etc., tantôt au contraire ils en donnent de fort médiocres, comme ceux de l'Auvergne. La terre *franche, forte, froide, compacte, humide*, qui s'affaisse à la moindre pluie et que le soleil durcit, nuit essentiellement à la qualité du vin. Nous ne traiterons pas ici de la culture de la vigne, qui est du ressort de l'agriculture.

FABRICATION DU VIN. Le vin rouge étant le plus généralement connu en France, nous commencerons par décrire sa fabrication; nous indiquerons ensuite les modifications qu'il faut apporter dans celle du vin blanc, des vins de liqueur, du vin mousseux ou de Champagne, etc., etc.

Vin rouge. La fabrication du vin rouge comprend les quatre opérations suivantes :

1° La *vendange* ou récolte de la matière première :
2° Le *foulage* ou expression du jus, opération qui quelquefois est précédée de l'*égrappage*;
3° La *fermentation* du moût;
4° Le *décuvage*, le *pressurage*, la *mise en tonneau*, etc.

La vendange a une grande influence sur la nature et la qualité du vin, et cependant, c'est en général l'opération la plus négligée. Tout le monde sait que ce sont les raisins mûrs qui font les bons vins, mais en même temps on sait aussi que la maturité parfaite n'arrive pas à la même époque pour toutes les espèces de raisin. Si donc on veut avoir du vin de bonne qualité, il est de toute nécessité de cueillir le raisin à diverses reprises, de le trier, de séparer avec beaucoup de soin les grains verts, mal mûrs ou pourris. Lorsque le raisin noir est mûr, la queue de la grappe, de verte qu'elle était, devient brune, elle devient pendante, le grain de raisin a perdu sa dureté, la grappe et les grains se détachent facilement, le jus du raisin est doux, épais et gluant. La maturité du raisin blanc se reconnaît à l'*aoûtement* du bois, à la transparence du grain, à sa saveur sucrée et à l'apparition de taches brunes à sa surface.

Dans les départements du Midi la vendange se fait du 8 au 20 septembre; dans ceux du Centre et du Nord elle se fait du 20 au 30 septembre dans les années précoces, et au commencement d'octobre dans les années tardives. Il est des automnes pluvieux pendant lesquels le raisin pourrit plutôt que de mûrir et la grappe reste toujours verte. Pour vendanger on choisit alors le point le plus complet de maturité relativement à la saison.

Pour faire certains vins on laisse faner le raisin sur le cep. C'est ainsi que se fait le fameux vin muscat de Rivesaltes, celui de Tokay, etc., etc. On suit la même méthode dans l'île de Candie, dans l'Espagne, etc., pour faire ces vins liquoreux si renommés. A Arbois et à Château-Châlons, qui produisent les vins s'approchant le plus des meilleurs vins liquoreux, on ne vendange qu'à Noël.

On ne doit commencer la vendange que lorsque le sol et les raisins sont secs et que, d'un autre côté, le temps paraît assez assuré pour que les travaux ne soient pas interrompus. On choisira, autant que faire se pourra, un jour chaud, car le froid retarde les premiers mouvements de la fermentation, ce qui nuit toujours à la qualité du vin. Dans la Champagne, pour la fabrication du vin blanc, on suit une méthode inverse. On vendange avant le soleil levé, ou du moins avant qu'il ait dissipé la rosée.

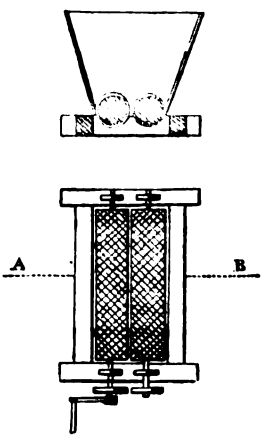
La serpette et le couteau doivent être interdits pour la coupe du raisin : ils sont lourds, fatiguent la main, et donnent au sarment et à la grappe des secousses qui font tomber les grains; on ne doit permettre aux vendangeurs que l'usage des ciseaux et du sécateur. L'ouvrier soutient le raisin de la main gauche, il le coupe de la main droite et le dépose dans un panier en osier ou dans une seille. Un ouvrier, portant une hotte sur son dos, suit les vendangeurs, et à mesure que leurs

Digitized by Google

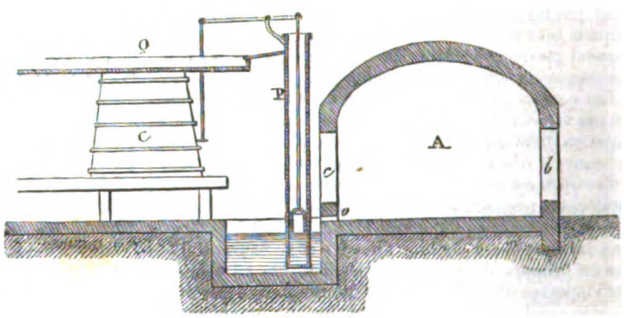
paniers sont remplis de raisins, ils sont vidés dans cette hotte pour être portés là où ils doivent être traités.

La récolte étant faite, il est nécessaire de mettre les raisins dans des conditions telles qu'une fermentation uniforme puisse s'établir dans toutes ses parties. Le jus de raisin, tant qu'il reste protégé par son enveloppe contre le contact de l'air, n'éprouve que des modifications à peine appréciables. La grappe et les grains ne font que se dessécher peu à peu. Mais il suffit d'ouvrir l'enveloppe pour changer les propriétés de ce suc qui, dès qu'il se trouve en contact avec l'air, subit la fermentation spiritueuse par suite de l'action chimique que l'oxygène de l'air exerce sur l'un de ses éléments constituants. Le raisin récolté doit donc être soumis à une pression convenable pour en extraire le jus et le placer ainsi dans des conditions convenables pour subir la fermentation.

2551.



2552.



2553.

Le foulage atteint ce but : avant de fouler le raisin, on procède quelquefois à une première opération, l'*égrappage*, opération qui a pour but de séparer les grains de la rafle.

On a discuté pendant longtemps pour savoir s'il est avantageux d'égrapper ou de ne pas égrapper les raisins. La grappe étant âpre et amère, les vins qui proviennent de raisins non égrappés participent plus ou moins de cette qualité; mais il est des vins faibles dont la fadeur naturelle est relevée par la saveur âpre de la grappe. Il existe des vignobles où, après avoir égrappé le raisin, on a abandonné cette méthode, car le vin que l'on obtenait se conservait moins bien que celui obtenu sans égrapper. Nous pensons que si les raisins sont parfaitement mûrs, il est convenable d'égrapper, car la rafle ne peut donner qu'un mauvais goût au vin. Dans les années pluvieuses, au contraire, où le raisin ne parvient pas à une maturité complète, nous croyons qu'il ne faut pas égrapper, car la rafle accélérera la fermentation et améliorera le vin en relevant sa faiblesse.

Dans quelques vignobles le foulage se commence à la vigne. Il se fait ordinairement par des hommes qui trépignent le raisin avec leurs pieds, dans des cuves disposées à cet effet : ils répètent cette opération plusieurs fois, d'abord au fur et à mesure que la cuve s'emplit et ensuite quand le moût a subi un premier mouvement de fermentation.

Il serait avantageux d'écraser plus uniformément le raisin par un procédé mécanique; mais ce qu'il faut surtout éviter dans le foulage à la mécanique, c'est le broyage des rafles et des pépins qui, tout en étant avantageux pour des moûts trop fades, est le plus souvent nuisible en ce qu'il donne au liquide une saveur trop acerbe. Il faut donc employer des appareils tellement disposés que les grains de raisin seuls soient écrasés. La machine représentée fig. 2551 et 2552 atteint parfaitement ce but. Cet appareil se compose de deux cylindres recouverts d'un treillis en fil de fer à larges mailles; les aspérités ainsi produites suffisent pour engager les grappes et rompre les grains de raisin, sans que le rapprochement soit tel que les rafles et les pépins soient écrasés.

Dans les grandes exploitations on emploie une méthode beaucoup plus expéditive encore. La fig. 2553 indique la disposition du cellier où sont écrasés les raisins, de la pompe qui sert à élever le moût et des cuves de fermentation. A est la cave voûtée sur le sol de laquelle on piétine les raisins qui y sont jetés par la porte *b*; *c*, porte qui sert à enlever les rafles de dessus le sol de la cave; *o*, orifice par lequel s'écoule le moût provenant de l'écrasage des raisins. Une pompe P élève le moût dans la rigole Q d'où il se distribue dans les cuves de fermentation C.

La cuve doit être remplie avec la vendange du jour. Si on la remplit en quatre ou cinq jours, comme cela arrive malheureusement dans certains vignobles, on s'expose à avoir une suite de fermentations successives qui, par cela seul, sont toutes imparfaites : une portion de la masse a déjà fermenté que la fermentation commence à peine dans une autre partie. Le vin que l'on obtiendra sera donc un mélange de plusieurs vins plus ou moins fermentés. Un bon vigneron doit donc proportionner le nombre de ses vendangeurs à la capacité de sa cuve, et lorsqu'une pluie vient interrompre la vendange, il doit laisser fermenter séparément ce qui se trouve déjà ramassé et déposé dans la cuve.

Le raisin étant foulé par un des procédés que nous avons indiqués, on procède au partage du moût dans les cuves où doit s'opérer la fermentation.

La fermentation est l'opération la plus importante de la vinification, puisque c'est par elle que le moût se change en vin. Avant de décrire les méthodes que l'on emploie dans la pratique pour faire fermenter le moût, nous étudierons sa composition, ses principales propriétés, pour passer ensuite les produits fournis par la fermentation.

Le moût renferme *beaucoup d'eau*, du *sucre de raisin* ou *glucose*, du *mucilage*, du *tannin*, une *matière azotée soluble* qui constitue le ferment, de l'*acide malique libre*, du *bitartrate de potasse*, des *tartrates de chaux et de potasse*, du *sel marin*, du *sulfate de potasse*, une *matière*

Digitized by Google

colorante bleue qui rougit par les acides, enfin des *matières grasses* qui proviennent soit du jus de la pellicule, soit des pépins.

De tous ces principes, le plus important est le sucre, puisque c'est lui qui *converti en alcool* constitue la *force du vin ;* les autres substances ne paraissent être qu'accessoires et ne font que modifier sa saveur : c'est du nombre de ces matières, des diverses proportions dans lesquelles elles se trouvent mélangées et peut-être aussi de leur état particulier que proviennent les nombreuses variétés des vins (Masson-Four).

De nombreuses expériences ont montré que pour être ajouté au vin, le *sucre d'amidon* ou *glucose*, très voisin par ses propriétés du sucre de raisin, est celui qui donne les meilleurs résultats. Les sucres de cannes et de betteraves sont moins bons.

Cette méthode de corriger la mauvaise qualité du moût est employée aujourd'hui dans un grand nombre de vignobles. Nous devons dire cependant que le sucre ne doit être employé qu'avec *beaucoup de discernement*, car si on en met trop, il empâte le vin, donne beaucoup de lie, le dispose à la graisse et surtout à l'acide. Disons enfin que le sucre ajouté au moût donnera bien *un vin aussi riche en alcool, que celui des bonnes années, mais qui lui sera toujours inférieur sous le rapport de la qualité.*

Autrefois on pensait que dans le cas où le vin manque d'alcool, on pouvait en ajouter pour l'amener au titre ordinaire. Certains œnologues prétendent encore aujourd'hui, qu'au lieu d'ajouter du sucre au moût, il est plus convenable d'ajouter de l'alcool dans la cuve avant que la fermentation soit achevée. En agissant ainsi on donnera bien au vin la force qu'il doit avoir, mais jamais le vin que l'on obtiendra ainsi ne sera aussi bon que celui obtenu en ajoutant au moût la quantité de sucre nécessaire pour obtenir l'alcool qui manque ; car il est tout différent d'introduire l'alcool dans le vin ou le sucre dans le moût. Cela tient sans doute à ce que pendant la fermentation il se passe des réactions chimiques que nous ne connaissons pas, et auxquelles participent plus ou moins les diverses matières renfermées dans le moût (Dumas, VI^e^ vol.).

Nous n'avons rien a dire sur la théorie de la FERMENTATION (voyez ce mot) ; elle exige le concours de l'air pour commencer, mais une fois qu'elle est produite ce concours devient inutile et même nuisible. Plus loin nous reviendrons sur les méthodes que l'on emploie dans la pratique pour faire fermenter le moût.

Quand la fermentation est terminée le moût a changé de nature ; le sucre s'est transformé en alcool qui reste, dans le liquide et en acide carbonique qui a disparu.

Pendant longtemps on a discuté pour savoir si l'alcool existe tout formé dans le vin, ou bien s'il se forme par l'effet de la chaleur employée pour le distiller. M. Gay-Lussac a prouvé que la deuxième opinion, soutenue par Fabroni, était inadmissible.

M. Gay-Lussac a en effet démontré : 1° que l'alcool peut être extrait du vin dans le vide à la température de 15° centigrades ; 2° qu'on peut en retirer l'alcool par le procédé suivant : on agite le vin avec un excès de litharge porphyrisée, on décante pour séparer l'excès de cet oxyde et le tartrate de plomb ; la liqueur décantée est introduite dans un tube qui contient de la potasse du commerce bien sèche ; celle-ci se dissout, s'empare de l'eau et met l'alcool en liberté. Ce procédé ne donne pas des résultats bien exacts. L'alcool qui se sépare retient plus ou moins d'eau, et la potasse elle-même retient plus ou moins d'alcool.

Pour connaître exactement la quantité d'alcool contenue dans le vin, il faut avoir recours à la distillation. Pour cela, on distille aux 2/3, et on ajoute au produit distillé assez d'eau pour reproduire le volume primitif du vin. On détermine la densité du liquide, et au moyen des tables, qui donnent la richesse en alcool à diverses densités, on a la teneur du vin en alcool (voyez le mot ALCOOMÈTRE).

C'est par ce procédé que M. Brandes a déterminé la teneur en alcool des vins contenus dans la table suivante (les chiffres contenus dans cette table indiquent la quantité d'alcool à 0,825 de densité que 100 parties de vin contiennent. Pour ramener ces nombres à exprimer de l'alcool absolu, dont la densité à 15°,50 C. est 0,793, il faut les multiplier par 0,92) :

	Alcool p. 100 en volume.		Alcool p. 100 en volume.
Vin de raisins secs.	26,40	Bordeaux. . . .	12,04
Idem. . . .	25,77	Lunel.	15,52
Idem. . . .	23,30	Bourgogne. . .	16,60
Vin d'Oporto. .	25,83	Idem. . . .	15,22
Madère. , .	24,42	Idem. . . .	14,95
Idem (Sercialle).	21,40	Vin vieux du Rhin.	14,37
Idem. . .	19,24	Idem. . . .	13
Madère rouge. .	22,30	Idem (en tonn.). .	8,88
Idem. . . .	18,40	Alicante. . . .	13,80
Xérès.	19,84	Champagne (non	
Lacryma-Christi.	19,70	mousseux). .	13,88
Constance blanc. .	19,75	Idem (mousseux).	12,80
Idem. rouge. .	18,92	Idem rouge. . .	12,56
Malaga. . . .	18,34	Idem. . . .	11,30
Ermitage blanc. .	17,43	Frontignan. . .	12,79
Idem. rouge. .	12,32	Côte rôtie. . .	12,32
Roussillon. . .	19,00	Tokay. . . .	9,88
Idem. . . .	17,26	Eau-de vie. . .	53,39
Bordeaux. . . .	17,11	Rhum.	53,69
Idem. . . .	14,08	Whiskey d'Islande.	53,90

Le vin a une composition analogue à celle du moût qui l'a produit. Il renferme de l'*eau*, de l'*alcool*, un *peu de sucre non décomposé*, du *mucilage*, du *tannin*, de l'*acide acétique*, de l'*acide malique*, du *bitartrate de potasse*, du *tartrate et du malate de chaux*, du *sulfate de potasse*, du *sel marin*, une *matière colorante jaune*, et, de plus, dans les vins rouges, une *matière colorante rouge* qui, suivant Robiquet, peut être obtenue en cristaux. Enfin dans tous les vins il existe sans doute une *huile éthérée* plus ou moins abondante, plus ou moins suave qui constitue le *bouquet des vins*. Les expériences de MM. Chevreul, Balard et Laurent, ont démontré que le bouquet des vins possède les principales propriétés des huiles essentielles. Le bouquet et la saveur des vins, dit Liebig (*Lettres sur la Chimie*, 13^e^ lettre), sont toujours le résultat de combinaisons particulières qui se forment pendant la fermentation. Ainsi les vieux vins du Rhin contiennent de l'*éther acétique* et même de l'*éther butyrique*. Tous les vins contiennent de l'*éther œnantique ;* c'est à lui qu'ils doivent leur odeur vineuse. Les combinaisons dont il vient d'être parlé se forment en partie dans l'acte même de la fermentation et en partie pendant le repos du vin, par l'effet de la réaction des acides sur l'alcool. Il paraît que l'acide œnantique se produit pendant la fermentation du jus de raisin, car, jusqu'à présent du moins, il n'a pas été rencontré dans la grappe. La saveur *pierre de fusil* qu'ont certains vins de la Gironde est due, suivant M. Lauré, de Bordeaux, à un sel de fer qu'ils contiennent.

La couleur des vins rouges provient des pellicules des raisins noirs avec lesquels on fait fermenter le moût, et dont le principe colorant, qui rougit par l'acide libre du vin, se dissout à mesure que la liqueur devient alcoolique. Le vin enlève en outre aux pellicules une quantité assez forte de tannin qui lui donne sa saveur astringente.

L'intensité de la couleur des vins varie beaucoup ; les uns sont rosés ; d'autres sont d'un rouge vif ; quelques-uns, nommés *teinturiers*, sont rouge-violet et sont employés pour donner de la couleur à ceux qui en man-

Digitized by Google

quent. Il s'en consomme une quantité énorme à Paris pour colorer des mélanges s'approchant plus ou moins du vin naturel.

Nous avons vu précédemment que le raisin foulé était mis dans des cuves où doit s'opérer la fermentation. La vendange y est à peine déposée que la fermentation commence. Elle s'annonce d'abord par de petites bulles qui paraissent à la surface du moût ; peu à peu on en voit qui partant du centre de la masse, viennent crever à la surface. On voit alors très sensiblement s'élever au-dessus du liquide de petites gouttes qui retombent de suite. Dans cet état, le liquide se trouble et s'échauffe ; tout est mêlé. Les rafles, les pépins, sont poussés, élevés, jusqu'à ce qu'enfin ils se fixent à la surface pour former le *chapeau de la vendange*, ou se déposent au fond de la cuve pour former le *marc*.

Le dégagement de ces bulles aériformes augmente considérablement le volume de la masse. La liqueur s'élève dans la cuve au-dessus de son ancien niveau.

La fermentation est alors ce qu'on appelle *tumultueuse*. Elle dure plus ou moins longtemps, selon la nature du moût et la température. Pendant ce temps le liquide se colore en rouge, il perd en douceur, et il acquiert une *saveur vineuse*. A partir de cet instant la température diminue, la liqueur s'éclaircit, le chapeau s'affaisse ; c'est le moment de tirer le vin.

Telle est la marche que suit la fermentation toutes les fois que la saison est favorable et que le raisin est parfaitement mûr ; mais il s'en faut de beaucoup que cette marche soit toujours aussi régulière. La fermentation, quoique s'opérant d'une manière spontanée, est une opération qui doit être entièrement dirigée par l'art. Si donc on ne se trouve pas dans des conditions favorables, il faut s'arranger de manière à éloigner tout ce qui peut nuire pour obtenir une bonne fermentation.

Les vices de la fermentation se déduisent de la nature du raisin, qui en est le sujet, et de la température, qui peut être considérée comme un puissant auxiliaire.

Si l'année a été mauvaise, le raisin n'est pas mûr, il ne renferme pas assez de sucre pour fermenter. Nous avons déjà vu qu'on pouvait ajouter au moût la quantité de sucre qui lui manque. Lorsque le moût est trop aqueux, on peut l'améliorer en le concentrant dans des chaudières à bascules semblables à celles qu'emploient les raffineurs de sucre. De cette manière on chasse l'excès d'eau qui se trouve dans le moût ; le sucre se trouvant alors moins délayé, la fermentation marche plus régulièrement. Dans quelques vignobles on ajoute du plâtre aux moûts trop aqueux, pour enlever l'excès d'eau qu'ils renferment.

Si le moût est trop épais et trop sucré, la fermentation sera lente et imparfaite ; les vins seront doux et liquoreux, et ce n'est qu'après un long séjour dans les bouteilles qu'ils s'éclairciront et deviendront de bonne qualité. Il serait aisé de provoquer la fermentation en délayant le moût dans l'eau.

Sous le rapport de la température, il convient que les cuves dans lesquelles le moût fermente soient enfermées dans un *cellier clos*, afin de pouvoir régulariser la fermentation, quelles que soient les variations de température à l'extérieur. On a remarqué, en effet, que, dans les halles ouvertes, la durée de la fermentation varie avec la température extérieure ; par un temps chaud elle dure vingt-quatre heures, tandis que par un temps froid elle dure de huit à dix jours. Dans ce dernier cas, le vin s'altère et devient trop acide, circonstance nuisible, surtout pour les vins faibles.

Si le raisin fermente difficilement, on recouvre la vendange de couvertures, si les cuves sont placées dans un lieu ouvert ; dans le cas contraire, on échauffe l'atmosphère ou elles se trouvent.

La fermentation est d'autant plus rapide, plus prompte, plus tumultueuse, plus complète, que la masse est plus considérable. On a vu du moût déposé dans un tonneau, ne terminer sa fermentation que le onzième jour, tandis qu'une cuve qui en était remplie et en contenait douze fois le même volume, avait fini le quatrième jour. Il est impossible de déterminer quel est le volume le plus favorable à la fermentation ; il paraît même qu'il doit varier selon la nature du vin et le but qu'on se propose. Si l'on veut conserver l'arome, la fermentation doit s'opérer en plus petite masse que s'il s'agit de développer tout l'alcool pour faire des vins propres à la distillation.

Disons enfin que, dans tous les cas, on ne doit jamais perdre de vue que la fermentation doit être gouvernée d'après la nature du raisin, et conformément à la qualité de vin qu'on veut obtenir. Chaque vignoble a des procédés qui lui sont prescrits par la nature des raisins qu'il produit, et par la qualité du vin qu'on veut obtenir.

On emploie deux méthodes pour opérer la fermentation : d'après l'une, on laisse le moût exposé à l'air pendant toute la durée de la fermentation ; d'après l'autre, on interdit plus ou moins complétement l'accès de l'air.

La première de ces méthodes ou la fermentation dans les *cuves ouvertes* est la plus anciennement suivie, et celle qui se pratique encore le plus généralement. Cette méthode, essentiellement vicieuse dans *bien des circonstances*, commence à être abandonnée pour être remplacée par la seconde, depuis que l'on est parvenu à jeter quelque lumière sur le phénomène de la marche de la fermentation.

Les vignerons qui font fermenter le moût dans les cuves ouvertes, remplissent la cuve en laissant vide la 1/10e ou la 1/12e partie de sa capacité. Quand, au contraire, on suit la deuxième méthode, on emplit la cuve aux 8/10es, puis on la ferme exactement.

Les cuves sont ordinairement en bois, de forme conique ou carrée ; on en construit aussi en maçonnerie. Lorsqu'elles doivent servir à la fermentation à l'air libre, elles sont ouvertes à leur partie supérieure ; celles qui doivent servir à la fermentation à l'abri de l'air sont fermées à leur partie supérieure par un couvercle, dans lequel on a ménagé une ouverture de 0m,50 de diamètre, qui sert à l'introduction de la vendange et à la vidange du marc. Cette ouverture est fermée au moyen d'un couvercle maintenu solidement sur les rebords de l'orifice au moyen d'un levier et d'un poids. Un tuyau est adapté au couvercle et sert au dégagement de l'acide carbonique, qui avant de s'échapper dans l'air est obligé de barboter dans une cuvette pleine d'eau, disposition qui empêche le contact de l'air libre avec la vendange.

On a beaucoup vanté, pour la fermentation, l'emploi d'un appareil inventé par mademoiselle Gervais. Cet appareil se composait d'une cuve fermée par un couvercle, au milieu duquel on a ménagé une ouverture qui reçoit un grand chapiteau en fer blanc enveloppé d'un refrigérant. Du sommet du chapiteau partent deux tubes qui vont plonger dans un vase rempli d'eau ; un des tubes porte une soupape de sûreté. Mademoiselle Gervais prétendait qu'avec son appareil elle condensait beaucoup d'alcool qui se vaporisait pendant la fermentation et qui était entraîné par la fermentation, qu'elle obtenait plus de vin, du vin plus parfumé, plus coloré, etc., etc. Elle allait même jusqu'à dire qu'avec cet appareil on obtenait de 12 à 15 p. 100 de plus qu'avec les appareils ordinaires. Mais M. Gay-Lussac a démontré que les promesses de mademoiselle Gervais étaient singulièrement exagérées, en prouvant que la perte en alcool entraîné par l'acide carbonique ne s'élevait pas à 1/2 p. 100 de l'alcool produit et en montrant que son appareil perfectionné pouvait être remplacé par une cuve fermée.

Digitized by Google

On emploie quelquefois des cuves en maçonnerie qui ont la propriété de résister aux variations brusques de température, condition, selon nous, très favorable loin d'être nuisible; sous ce rapport, elles ont un avantage marqué sur les cuves en bois, qui, comme on le sait, ne sont pas à l'abri des variations de la température extérieure. Il est vrai qu'elles communiquent un mauvais goût au vin, qui est surtout sensible la première année; mais si la cuve a été construite avec de bons matériaux cet inconvénient se réduit à bien peu de chose pour la seconde année. Nous croyons que ces cuves sont très bonnes pour faire fermenter des vins communs, surtout ceux destinés à la distillation.

Revenons maintenant sur les avantages respectifs des deux méthodes que nous venons de passer en revue. Lorsque la fermentation n'est pas de longue durée, lorsqu'elle est prompte, tumultueuse, que la température de l'atmosphère est convenable, il y a *autant d'avantage à opérer en vase ouvert qu'en vase clos.* C'est ainsi qu'on opère pour les vins fins de Bordeaux et de Bourgogne dans les bonnes années. Si la marche de la fermentation ne se ralentit pas, il est inutile de fouler ou de plonger le chapeau dans le vin. Dans tous les cas, au lieu de faire entrer des hommes dans les cuves, il conviendrait de plonger le chapeau avec un plateau de bois percé de trous.

Nous avons déjà vu que du moment où les circonstances venaient à varier, la fermentation ne marchait plus régulièrement. Dans les cuves ouvertes, si l'atmosphère est sèche, le chapeau se dessèche, l'air le pénètre, il se forme de l'acide acétique, et quand on le plonge dans la cuve il communique au vin une disposition à passer à l'acide.

Si l'air est humide le chapeau s'imprègne d'eau, il se développe une fermentation putride et un commencement de moisissure. Ce chapeau immergé dans le vin (par suite du foulage de la vendange) n'y produira que de mauvais effets. Enfin si la température extérieure varie, la durée de la fermentation variera aussi, comme nous l'avons déjà dit.

Les cuves couvertes remédient à presque tous les inconvénients que nous venons de signaler, la température intérieure est conservée et, comme le dit M. Masson-Four, le moût avant de passer à la fermentation alcoolique, *se mûrit.* L'air n'ayant pas accès, son influence défavorable est nulle. Le chapeau n'éprouve aucune réaction acide ou putride. On a remarqué que dans les cuves couvertes le vin ne prend pas autant de corps, ni autant de couleur que dans les cuves ouvertes; ce qui est un obstacle à la vente des vins qui n'offrent pas ces caractères au degré voulu, quoiqu'ils soient plus spiritueux et d'un goût plus agréable. Cela vient de ce que dans les cuves ouvertes on foule la vendange pendant la fermentation, et que par conséquent le vin doit se colorer plus fortement. Avec les cuves fermées, au contraire, il est impossible de fouler le raisin.

Chaptal avait proposé de tenir le chapeau toujours immergé au moyen d'un treillage fixé aux parois de la cuve. Cette disposition, tout en tenant le chapeau immergé dans le liquide, permet de fermer la cuve. M. Beauregard d'Angers emploie depuis plusieurs années une cuve qui a beaucoup d'analogie avec celle de Chaptal et qui donne de bons résultats. C'est une cuve en bois dans l'intérieur de laquelle se trouve un double fond percé de trous. Ce double fond est surmonté de chevilles qui contreboutent au couvercle, qui lui-même est fixé contre la cuve par une barre de bois attachée au bâti en charpente, sur lequel repose la cuve. Le couvercle est percé de deux trous, l'un sert au dégagement de l'acide carbonique, l'autre sert à introduire un tube percé de trous, destiné à recevoir un thermomètre. Il existe encore d'autres appareils plus ou moins perfectionnés, inventés par MM. Barsi et Rubano; mais les bornes resserrées de cet article nous empêchent de les décrire. (Voyez *Cours d'agriculture du XIX^e^ siècle*, article VIN, tome XVII *bis.*)

Aussitôt que la fermentation est terminée il faut soutirer au clair le liquide et le distribuer dans des vases qui doivent le conserver. L'on n'est pas d'accord sur le moment que l'on doit choisir pour le décuvage. On ne peut donner à cet égard aucun précepte absolu et applicable dans tous les pays. Le moment de décuver doit varier selon le climat, la saison, la qualité des raisins, la nature du vin qu'on se propose d'obtenir et d'autres circonstances qu'il ne faut jamais perdre de vue. Si le vin est destiné à la distillation on ne doit le tirer de la cuve que quand tout le sucre est converti en alcool; mais si l'on veut du vin fin et peu chargé en couleur, on se guide sur ces caractères, et dans ce cas il y aurait plus de danger de décuver trop tard que de soutirer trop tôt.

Les signes que l'on indique pour reconnaître le moment le plus opportun pour soutirer la cuve, sont : 1° la cessation de l'activité de la fermentation et la diminution de densité du moût; 2° la saveur qui, de douce et sucrée, devient piquante et vineuse; 3° l'odeur qui est ce qu'on appelle *fragrante;* 4° la couleur.

Tous ces signes sont équivoques, ils peuvent varier avec la nature du moût qui a fermenté. Nous avons dit précédemment que la fermentation avait pour but de transformer le sucre du moût en alcool, elle sera donc achevée quand la liqueur ne renfermera plus de sucre, et par conséquent quand il ne se produira plus d'alcool. Le signe le moins variable pour reconnaître si la fermentation est terminée est donc celui qu'on déduit de la distillation; seul moyen de s'assurer du moment précis où il ne se forme plus d'alcool.

Nous indiquerons plus loin un petit appareil que les vignerons pourront employer pour s'assurer s'il ne se forme plus d'alcool; quant à présent nous donnerons une méthode plus expéditive, plus commode, suffisamment exacte et à la portée de tout le monde. On a un tube divisé en 150 parties égales, on y verse du vin de manière à remplir 100 divisions; on ajoute du sous-acétate de plomb jusqu'à cessation de précipité; on laisse reposer; on jette ensuite par petites portions du carbonate de potasse sec et chaud jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus dans le liquide. Ce sel s'empare de la plus grande partie de l'eau et forme une solution plus dense qu'elle; l'alcool existant dans le vin se trouve séparé par ce procédé et nage au-dessus de la dissolution de carbonate de potasse. Le nombre de degrés mesurés par la couche alcoolique donne la proportion en volume d'alcool à 0,825 de pes. spécifique. Si deux essais indiquent la même quantité d'alcool, il est temps de soutirer, car il ne s'en produit plus.

Le soutirage du vin est une opération importante, et cependant elle se fait généralement avec très peu de soin. Le procédé ordinairement suivi consiste à tirer le vin dans des seilles et à le porter ensuite dans des tonneaux. On voit donc que le vin, *encore chaud,* est mis en contact avec l'air, le marc, ce qui occasionne une perte considérable d'alcool. De plus, le vin ainsi secoué, aéré, est plus disposé à s'aigrir.

Les tonneaux que l'on emploie doivent être préparés convenablement. S'ils sont neufs, on y fait passer, à plusieurs reprises, de l'eau chaude et de l'eau salée, afin d'enlever l'*amertume* que le bois conserve et qu'il pourrait transmettre au vin. S'ils sont vieux, on enlève la couche de tartre qui s'est déposée au fond et on les lave à plusieurs eaux. Enfin, s'ils ont contracté quelques mauvaises qualités, telles que moisissures, etc., il faut les détruire. Plus loin nous dirons quelques mots sur les différentes conditions auxquelles doivent satisfaire de bons tonneaux.

Lorsqu'on entonne le vin encore chaud, on ne remplit

Digitized by Google

pas les tonneaux de premier vin ; on conserve du vide pour la distribution du vin provenant du pressurage du marc.

On n'enlève de la cuve, par le soutirage, que le vin tout à fait liquide et libre ; il reste à s'emparer de celui que les grappes et les pellicules retiennent en quantité assez considérable. Quelques œnologues pensaient que ce vin devait contenir plus d'alcool que celui qui est resté fluide. Cette présomption n'a pas été vérifiée par des essais comparatifs au moyen de la distillation. Comme le chapeau, par son exposition à l'air, a contracté un peu d'acidité, on a soin de le mettre à part pour le traiter séparément.

Les pressoirs sont les machines à l'aide desquelles on presse le marc pour en extraire le vin qu'il contient. Ces machines varient de bien des façons et opèrent plus ou moins bien le pressurage.

Un bon pressoir doit être solide, facile à construire, peu dispendieux, et doit donner la plus grande quantité possible du vin contenu dans le marc.

Les parties essentielles du pressoir le plus généralement répandu, sont : deux fortes jumelles convenablement consolidées, soutenant tout le système du pressoir, qui se compose : 1° d'une espèce de table ou *maie* en madriers assemblés à rainure et à languette, creusée en bassin et destinée à supporter le tas de marc et en même temps à recevoir le jus qui s'en écoule et qui se rend dans un vase, ordinairement enfoncé en terre, au moyen d'une rigole nommée *béron* ; 2° de une ou deux rangées de madriers placés alternativement ; 3° d'un mouton qui opère la pression au moyen d'une forte vis, laquelle est mise en mouvement par un système d'engrenages ou par une corde qui s'enroule sur un cabestan. Ce pressoir, tout grossier qu'il paraît, donne cependant d'assez bons résultats. Pour plus de détails, voyez le mot PRESSE.

Lorsque le décuvage est terminé, tout le marc est porté au pressoir dans des paniers en osier ou dans des baquets en sapin ; on façonne alors le marc de manière à *former le sac*, on l'équarrit aussi bien que possible, on place les madriers, et on presse fortement. Le vin de cette première pressée est considéré comme bon et mêlé avec celui de la cuve. On desserre la vis, on enlève les madriers, on coupe le marc autour de la plate-forme sur laquelle on place les parties taillées, on replace les madriers et on serre de nouveau ; c'est que l'on appelle la première coupée. On en pratique ainsi une deuxième, une troisième et même une quatrième. Pour renouveler le coupage on attend que le vin ne coule plus.

Le vin provenant du pressurage et surtout celui de la dernière coupe est plus ou moins acerbe et désagréable au goût. Si la fermentation a été longue, mal conduite, le vin est aigre, il a une saveur acéteuse, il est alors prudent de ne pas le mêler à celui de la cuve. S'il n'est qu'acerbe, il ne contient que du tannin de la grappe ; il est alors quelquefois utile de l'ajouter au vin de la cuvée.

Si la fermentation a eu lieu dans des cuves fermées il n'y a pas d'inconvénients à faire ce mélange, et à distribuer aussi également que possible le vin de pressurage dans les tonneaux que l'on achève de remplir.

Dans le vin soutiré de la cuve il reste toujours un peu de liqueur qui n'a pas fermenté et qui lui fait subir une seconde fermentation lorsqu'il est dans les tonneaux. Pendant les quinze premiers jours il écume et bouillonne fortement, il s'en dégage beaucoup d'acide carbonique.

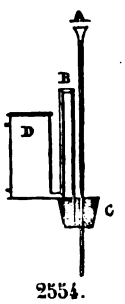
Dans plusieurs localités on remplit chaque jour le tonneau contenant le vin, afin que par l'effet de la fermentation l'écume et les impuretés qui se trouvent à la surface du liquide soient expulsées et rejetées au dehors par l'ouverture de la bonde ; c'est ce qu'on appelle *ouilles*.

Dans d'autres endroits on ne remplit pas tout à fait le tonneau, on laisse un espace vide de 0m,25 à 0m,30, capable de contenir l'écume, qui se dépose à la longue et tombe au fond du tonneau lorsque la fermentation se ralentit. Dans ce cas on ferme la bonde, soit avec un linge chargé de sable, soit avec une tuile, soit enfin avec une des bondes hydrauliques dont nous parlerons tout à l'heure.

Les œnologues sont partagés sur la préférence que l'on doit accorder à l'un ou à l'autre des deux procédés d'ouillage que nous venons de décrire. Dans le premier cas on débarrasse le vin d'une partie des impuretés et du ferment qui, en restant dans la liqueur, la rendent trouble pendant longtemps et peuvent à la longue y occasionner des accidents. Mais pour obtenir ce résultat on est forcé de remplir les tonneaux tous les jours, ce qui constitue un travail considérable, surtout si on a beaucoup de tonneaux. On est, en outre, forcé de laisser le tonneau ouvert, et par conséquent, de laisser le vin exposé à l'action de l'air ; il se trouve donc placé, comme nous l'avons déjà dit, dans des conditions tout à fait défavorables à sa conservation. Dans le deuxième cas on évite tout travail, et à la longue, le vin que l'on fait ainsi se clarifie bien ; mais les matières étrangères qu'il renferme n'en ont pas été expulsées, elles se sont déposées au fond du tonneau, elles peuvent donc y occasionner des accidents.

Un avantage immense qu'a le second procédé, c'est qu'on peut tenir le tonneau fermé, par conséquent, l'influence pernicieuse de l'air n'est plus à redouter ; de plus, l'alcool et l'acide carbonique qui se seraient échappés, sont retenus.

On comprend dès lors l'avantage qu'il y aurait à employer un moyen qui permettrait de combiner ensemble les deux procédés, c'est-à-dire de permettre aux matières étrangères contenues dans le vin de sortir, tout en le tenant à l'abri de l'air. M. J. Ch. Herpin a inventé un appareil excessivement simple qui permet d'atteindre ce double but.



2554.

Cet appareil (fig. 2554) se compose de trois parties : 1° d'un long tube en entonnoir A par lequel on verse le vin pour remplir le tonneau ; 2° d'un tube recourbé B destiné à donner issue au gaz et à l'écume. L'entonnoir et ce tube traversent un bouchon conique C en fer-blanc que l'on introduit dans l'ouverture de la bonde ; 3° d'un flacon ou réservoir D dans lequel s'amassent l'écume et le vin.

Pour employer cet appareil on l'enfonce dans le trou de la bonde du tonneau où on le fixe bien solidement ; on verse, par l'entonnoir, du vin dans le tonneau, jusqu'à ce que le tonneau soit plein ; on ferme l'entonnoir et on met du vin dans le réservoir D jusqu'au tiers de la hauteur. Le vin, en travaillant, fera monter l'acide carbonique et l'écume par le tube recourbé aboutissant à la partie inférieure du flacon D ; comme ce flacon renferme une certaine quantité de vin, qui est à la même hauteur dans le tube recourbé, le gaz, pour s'échapper, sera forcé de traverser une colonne de vin qui exercera sur lui une certaine pression et agira ainsi comme une soupape hydraulique. L'écume, chassée, passera à travers les tubes et viendra à la surface du vin qui se trouve dans le réservoir D.

Dans les premiers jours il faudra remplir, au moins deux fois par jour, et mettre une écuelle au-dessous du réservoir D, pour recevoir le vin qui s'en écoule.

Au bout de huit jours, la fermentation se ralentit, elle devient *insensible*, bien qu'elle ne soit pas entièrement terminée. Cette seconde fermentation augmente évidemment la proportion d'alcool. En outre, elle a

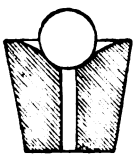
Digitized by Google

pour effet de séparer du vin le tartre qui, en se déposant, adhère aux tonneaux dans lesquels il est renfermé ; comme la saveur du tartre est âpre et désagréable il en résulte que le vin qui aura subi la fermentation insensible sera meilleur et d'un goût plus agréable. C'est ce qui explique pourquoi un vin vieux est meilleur qu'un vin nouveau.

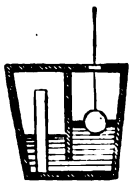
Liebig (*Lettres sur la Chimie*) explique la séparation de la lie de la manière suivante : « La séparation de la lie de vin, durant la fermentation insensible, a lieu à la suite d'une absorption d'oxygène, c'est-à-dire en vertu d'un phénomène d'oxydation qui se passe au sein du liquide. Par le fait de l'absorption de l'oxygène, le principe azoté du jus de raisin, primitivement soluble, perd sa solubilité dans le vin et se précipite. Il résulte des meilleures analyses faites à ce sujet, que la lie de vin est plus riche en oxygène que les substances azotées qui lui donnent naissance. Ce phénomène d'oxydation, qui se passe au sein du liquide et qui détermine le dépôt de la lie, cesse du moment où tout le sucre a disparu, mais il se renouvelle si on ajoute du sucre. Il se reproduit encore lorsqu'on laisse la surface du liquide en contact avec l'air, la séparation des matières azotées s'opère alors aux dépens de l'oxygène de l'air. »

On doit avoir soin de ne pas fermer hermétiquement les tonneaux, tant que la fermentation insensible n'est pas terminée. Autrefois on laissait les tonneaux ouverts. Ce procédé est vicieux, car le vin ainsi exposé à l'air s'acidifie promptement. Il vaut mieux employer les *bondes hydrauliques* qui permettent le dégagement de l'acide carbonique sans mettre le liquide en contact avec l'air. »

La fig. 2555 indique la bonde hydraulique la plus simple qu'on puisse employer : c'est une bonde ordinaire percée d'un trou ; sur ce trou on place une petite sphère qui est soulevée par l'acide carbonique qui se dégage.



2555.



2556.

La fig. 2556 est la bonde hydraulique inventée par M. Payen. Elle est en fer-blanc et a la forme d'un vase conique creux fermé aux deux bases. Cette bonde est construite sur le principe des tubes de sûreté à boule.

Le marc, au sortir du pressoir, devient excessivement dur. Il a divers usages dans le commerce.

Dans quelques vignobles on le distille pour obtenir l'*eau-de-vie de marc* : cette distillation est assez avantageuse si les vins contiennent beaucoup d'alcool, et si les pressoirs pressent peu. Dans le Jura, on distille tout le marc sorti des pressoirs. Le résidu que l'on obtient est ensuite employé comme combustible ; on en forme des *mottes rondes* semblables à celles des tanneurs, ou bien on le répand dans les vignes comme amendement.

Aux environs de Montpellier, on l'emploie pour la fabrication du vinaigre et du vert-de-gris. Dans d'autres localités on l'emploie pour la nourriture du bétail.

Enfin, on peut brûler le marc pour retirer l'alcali qu'il renferme. Le marc est composé des rafles, des pellicules, et des pépins du raisin. On a reconnu que ces parties incinérées séparément donnaient des quantités différentes de potasse. Le tableau suivant renferme les résultats obtenus par M. Domenio Blangini ; les produits indiqués en cendres et en potasse proviennent de 100 kilogr. de matière première.

	Cendres.	Potasse.
Marc de raisin (commune d'Asti).	7k,294	1k,488
— —	3k,571	1k,339
Pellicules desséchées du raisin. .	»	5k,088
Rafles du raisin.	»	3k,984
Pépins de raisins.	»	0k,095

Dans quelques vignobles, au lieu de presser le marc, on met de l'eau dessus ; il s'établit alors une nouvelle fermentation. Au bout de quelques jours, on tire une liqueur colorée d'une saveur vineuse, un peu aigrelette, connue sous le nom de piquette.

Les pépins de raisin donnent une huile limpide, jaune-verdâtre, très grise, qui donne, en brûlant, une lumière très belle, exempte de fumée et n'ayant point d'odeur désagréable. Comme aliment, elle est préférable à l'huile de chénevis. Suivant Julia de Fontenelle, 100 kil. de pépins donnent 15 kil. d'huile, et suivant M. Garenn de la Nièvre, 10 kil. seulement. Les tourteaux peuvent servir au chauffage.

VIN BLANC. La fabrication du vin blanc diffère, sous plusieurs rapports, de celle du vin rouge. Dans les vins rouges on recherche de la force et de la couleur, tandis que dans les autres on désire une blancheur ou limpidité absolue, et la douceur, qui fait le mérite des vins de certains vignobles.

Pour fabriquer le vin blanc, on récolte le raisin, comme nous l'avons dit précédemment, on l'apporte ensuite sur la maie du pressoir : deux hommes, dont les pieds sont chaussés de gros sabots, écrasent le raisin dont le jus coule dans une cuve placée sous le goulot, auquel est suspendu un panier à vendange destiné à recevoir les pellicules, les rafles et les pépins que le jus entraîne. Le foulage avec la machine indiquée (fig. 2551 et 2552) serait plus expéditif et bien préférable. A mesure que la cuve se remplit, on enlève le moût, qu'on verse dans des tonneaux en ayant soin de laisser de la place pour recevoir le vin de pressurage. Le marc est ensuite pressé, comme pour le vin rouge ; on fait trois pressées au lieu de quatre. Quelques vignerons mettent fermenter séparément le vin de pressurage, mais le plus grand nombre le distribuent dans les tonneaux avec le moût vierge. La fermentation a lieu dans les tonneaux, comme celle de la bière, et on laisse le vin sur la lie jusqu'au premier soutirage qui a lieu au commencement du printemps ou dans les premiers jours de mars. Telle est la méthode suivie pour faire les vins secs de Bourgogne.

Dans quelques localités on suit une méthode un peu différente. En sortant du pressoir le moût est reçu dans des cuves séparées où on le laisse reposer. Il se forme alors à sa surface une écume blanche qu'on enlève et qu'on fait égoutter pour retenir le moût qu'elle entraîne. Dès que la fermentation commence on enlève les dernières traces d'écume et on le soutire dans des barriques où il doit fermenter. On a soin de ne pas mettre dans les barriques la portion trouble du moût qui s'est déposée au fond des cuves.

VINS DE LIQUEUR. Ces vins sont ceux qui conservent beaucoup de matière sucrée, même après la fermentation alcoolique. Ils se préparent de différentes manières.

Le plus souvent on emploie le moût extrait des raisins parfaitement mûrs ; quelquefois on ajoute au moût naturel une certaine quantité de sirop préparé avec du moût que l'on a évaporé ; d'autres fois, pour augmenter la force du vin, on ajoute de l'alcool après la première fermentation. Enfin dans quelques vignobles on rend les vins plus liquoreux en laissant dessécher le raisin sur le cep. C'est ainsi que se prépare le vin de Tokai.

Digitized by Google

On laisse le raisin exposé sur le cep à l'alternative du soleil et de la fraîcheur des nuits qui amollit le raisin, tandis que la chaleur du jour les dessèche. Lorsque le raisin est d'une belle couleur brune, on le récolte, on sépare avec un soin minutieux les grains verts ou pourris, puis on en extrait le moût qui donne la première qualité de vin ou l'*essence*. Le marc qui a donné ce premier liquide humecté de moût ordinaire, puis exprimé, donne une seconde qualité de vin.

VINS MOUSSEUX. Autrefois on croyait que la propriété de mousser était une qualité particulière aux vins de Champagne; les uns croyaient qu'il devait cette qualité aux drogues qu'on y introduisait, d'autres attribuaient cette mousse à la verdeur des vins. En 1723, un membre de l'Académie des sciences de Paris écrivait les lignes suivantes : L'art d'avoir du vin mousseux consiste à le mettre en bouteilles vers la fin de mars, lorsque la sève commence à monter dans la vigne : on réussit aussi quelquefois à lui faire prendre cette propriété en le tirant durant la sève d'août. *Ceci prouve que la mousse n'est qu'un effet du travail de l'air et de la sève qui agissent alors fortement dans le bois de la vigne et dans la liqueur qui en est provenue.* Tout le monde sait aujourd'hui que la mousse est produite par un dégagement considérable et subit d'acide carbonique, qui se trouve dissous et comprimé dans le vin, et que pour obtenir un vin mousseux, il suffit de renfermer le liquide dans des bouteilles avant que la fermentation soit terminée. On a en effet essayé, avec succès, dans plusieurs de nos départements, d'y préparer des vins mousseux selon la méthode employée en Champagne. Ces vins rivalisent avec ceux de la Champagne, mais on les trouve moins doux et plus capiteux. Les vignobles de Champagne paraissent seuls en possession de certaines qualités de raisin qui par leur mélange donnent les excellents vins d'Aï, d'Épernay, etc., etc.

Les vins mousseux sont généralement blancs. Le vin rouge ne peut être naturellement mousseux, car pour le colorer on est forcé de le laisser sur le marc et l'acide carbonique se dégage. Le vin de Champagne étant le plus renommé des vins mousseux, nous étudierons sa fabrication avec quelques détails.

Pour la fabrication du vin de Champagne, on emploie l'espèce de raisin noir qui produit le vin le plus généreux et le plus délicat; on vendange de très grand matin par la rosée, en choisissant les raisins les plus mûrs et les plus sains, et en rejetant avec soin les raisins gâtés, verts ou pourris. La vendange est apportée avec beaucoup de soins sous le pressoir qui doit avoir été préalablement lavé et nettoyé. Quand elle a été rassemblée sous le pressoir on serre et on laisse couler le jus pendant 15 ou 20 minutes. On prévient ainsi la dissolution de la matière colorante.

Le marc qui sort du pressoir est pressé une deuxième fois; le vin que l'on obtient est coloré d'une légère teinte rouge; c'est le *vin rosé*. Comme ce vin est très recherché on en fabrique d'artificiel en colorant des vins blancs avec des matières colorantes végétales.

Le moût obtenu par la première pression est généralement incolore; on le reçoit dans des cuves où il reste de 24 à 30 heures pour déposer les matières étrangères et le ferment dont il est chargé. Quand il a déposé on le reçoit dans des tonneaux qui doivent être bien propres et n'avoir jamais servi qu'a la fabrication du vin blanc. Ces tonneaux sont entièrement remplis, afin que le vin en fermentant rejette au dehors une partie des matières étrangères qu'il contenait encore. Pendant toute la durée de la fermentation tumultueuse il faut ouiller le tonneau, c'est-à-dire le remplir trois ou quatre fois. Lorsqu'on met en tonneau, il convient d'ajouter 1 *litre d'eau-de-vie de Cognac* pour 100 litres de moût. Cette eau-de-vie augmente la spirituosité du vin, donne du bouquet et modère la fermentation. Dès que la fermentation tumultueuse a cessé, on remplit le tonneau, et on bondonne comme d'habitude.

Dans le courant de décembre, par un temps sec, on soutire le vin et on le met dans des futailles où on le colle à la colle de poisson (15 gram. pour 200 litres). On le laisse reposer un mois, après quoi on le soutire de nouveau en prenant les mêmes précautions.

A la fin de février on fait un second collage et on laisse reposer jusqu'à la fin d'avril, époque à laquelle on le soutire dans des bouteilles, en ayant soin d'ajouter dans chacune d'elles une quantité de liqueur équivalente aux 3/100e du volume du vin. La liqueur est un sirop que l'on prépare en faisant dissoudre du sucre candi dans son poids de vin blanc limpide.

La mise en bouteilles et la conservation des vins mousseux exigent une foule de soins et de précautions.

Le choix des bouteilles est une chose très importante : elles doivent être très fortes, d'une transparence parfaite, d'une épaisseur égale; elles doivent avoir le goulot très étroit et de forme conique, afin que le bouchon puisse en être facilement et vivement expulsé par la force expansive du gaz acide carbonique à l'instant où l'on brise les liens qui le retiennent.

Les bouchons doivent être fins et de première qualité, il faut rejeter les bouchons poreux et défectueux, ainsi que ceux qui ont déjà servi.

On remplit ordinairement les bouteilles jusqu'à *deux travers de doigt* au-dessous du bouchon : on enfonce avec force le bouchon dans le goulot de la bouteille, au moyen d'un petit maillet de bois, et on l'assujettit solidement au moyen d'un fil de fer recuit.

Cette opération terminée, on met les bouteilles en tas dans une cave bien fraîche, en ayant soin de placer des lattes entre les rangs de bouteilles pour les séparer et les soutenir. Ces tas doivent être isolés, solides, peu élevés et montés d'aplomb.

La fermentation n'est pas achevée à l'époque de la mise en bouteille, elle continue dans l'intérieur du vase. Il se dégage de la liqueur une quantité considérable de gaz qui, ne pouvant s'échapper, reste dans la bouteille et est forcée de se dissoudre plus ou moins complétement dans le vin. Six semaines ou deux mois après la mise en bouteilles, la mousse commence à s'y manifester avec violence, tellement, qu'un nombre considérable de bouteilles sont brisées avec explosion par l'effet du dégagement de l'acide carbonique. Autrefois la casse des bouteilles allait de 6, 8, 10 à 30 et même 40 p. 100. Aujourd'hui elle est réduite à 10 ou 15 p. 100 au plus.

Les tas de bouteilles sont placés à proximité d'une petite citerne où se rend le vin qui s'écoule des bouteilles cassées. On le recueille tous les jours et après l'avoir bien collé on le remet en bouteilles. Dans les petites exploitations, on entasse les bouteilles dans une cuve défoncée, on peut ainsi facilement recueillir le vin qui s'écoule des bouteilles cassées.

Le vin séjourne dans les bouteilles pendant huit ou dix mois, il s'y forme alors un dépôt qui trouble le liquide et qu'il faut enlever : c'est ce que l'on appelle *dégorger le vin*. Pour cela on prend chaque bouteille, et la tenant par la main droite, le bouchon en bas, on lui imprime un mouvement de *tournoiement* qui détache le dépôt qui s'était fixé aux flancs de la bouteille, pour le faire tomber sur le bouchon. Ce mouvement de rotation doit être exécuté avec beaucoup d'intelligence et d'adresse, en ayant la plus grande attention possible de ne pas troubler le vin. Quand tout le dépôt est sur le bouchon, on coupe le fil de fer qui le retient; le dépôt et une petite quantité de vin sont projetés hors de la bouteille et vont tomber dans un cuvier disposé à cet effet. On remplit ensuite la bouteille avec du vin clair, on la bouche avec un nouveau bouchon, que l'on maintient avec une nouvelle ligature en fil de fer. Il y a des

Digitized by Google

vins qui exigent un deuxième et même un troisième dégorgement.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que le vin de Champagne, quand il a été mis en bouteilles, contenait encore du ferment; on a ajouté du sucre qui en fermentant a donné de l'acide carbonique dont la production a fait déposer du ferment et rend l'opération du dégorgeage nécessaire.

Si la température est trop basse, la fermentation ne s'établit pas; on sort les bouteilles et on les expose à l'air en les rangeant sur des pupitres; elles s'échauffent peu à peu, et si la fermentation marche trop vivement, la température ayant été trop élevée, on en est averti par les explosions répétées des bouteilles.

Dans toutes les localités où le vin est de bonne qualité, on fait des vins mousseux en opérant comme nous venons de le dire. On en prépare dans l'arrondissement d'Argentiere, à Limoux, à Saint-Ambroise, dans la Côte-d'Or, à Arbois, dans l'arrondissement de Belfort, etc., etc. Ces vins sont consommés dans le pays et sont moins répandus que ceux de la Champagne. Ceux de la Côte-d'Or et celui d'Arbois commencent cependant à faire concurrence aux vins de Champagne, et à Paris on boit beaucoup de vin de Champagne fait à Arbois. Nous ajouterons que dans ce même Paris il existe des *industriels* qui préparent des vins de Champagne dans lesquels il n'entre pas la moindre parcelle de jus de raisin.

On a aussi essayé de faire des vins mousseux en comprimant de l'acide carbonique dans du vin blanc. Il y a quelques années qu'il s'était établi aux environs de Paris une fabrique de vin mousseux à l'instar de celles des eaux gazeuses. Mais cet établissement n'a pas continué, car l'acide carbonique préparé chimiquement donne une saveur désagréable au vin; en outre on a remarqué qu'en opérant ainsi le vin devient laiteux et ne s'éclaircit jamais d'une manière convenable. M. François, pharmacien distingué de Nantes, a prouvé que ce phénomène était dû à la glaïadine dissoute dans le vin. En ajoutant du tannin au vin, on précipite toute la matière azotée qu'il contient.

CONSERVATION DES VINS. Les vins forts, acerbes, qui contiennent beaucoup de tannin, se conservent facilement; ils résistent bien aux longs transports et en sont même améliorés : les secousses et les changements de température mettent le ferment en mouvement et font que la fermentation s'achève.

Les vins faibles doivent être consommés dans les douze ou quinze mois qui suivent leur fabrication; l'excès d'acide qu'ils renferment les conserve. Les vins intermédiaires sont plus difficiles à garder : ce sont les vins fins.

Les vins blancs sont gardés en tonneaux bien pleins et bien fermés, pour éviter le contact de l'air; autrement ils se coloreraient en jaune. Les vins blancs doivent avoir une saveur sucrée; il faut donc que la fermentation ne soit pas tout à fait achevée. On atteint ce but en les gardant dans une cave fraîche, ou bien en les mettant dans des tonneaux soufrés.

Tout ce qui tient à l'art de conserver les vins se réduit au *soufrage* et à la *clarification*.

Soufrage des vins. Le soufrage du vin a pour but de l'imprégner d'une vapeur sulfureuse obtenue par la combustion d'une *mèche soufrée*. Ces mèches soufrées se fabriquent en fondant du soufre et en y plongeant des bandes de toile ou de coton. Dans quelques pays on ajoute des aromates au soufre fondu.

Pour soufrer un tonneau on suspend une mèche soufrée au bout d'un fil de fer, on l'enflamme et on la plonge dans le tonneau, on bouche et on laisse brûler. L'air se dilate d'abord et s'échappe avec sifflement. Lorsque la combustion est terminée, le tonneau est plein de gaz sulfureux; néanmoins les parois du vase sont à peine acides.

Liebig explique de la manière suivante le but du soufrage des vins. L'air du tonneau que l'on vient de soufrer perd son oxygène qui est remplacé par un égal volume d'acide sulfureux, et celui-ci est rapidement absorbé par la surface humide du tonneau. Or, l'acide sulfureux possède pour l'oxygène de l'air encore plus d'affinité que les agents acidifiants contenus dans le vin. En conséquence l'acide sulfureux qui a été absorbé par la paroi interne du tonneau se distribue peu à peu dans le vin, et enlève aux agents fermentatifs ainsi qu'au vin lui-même tout l'oxygène qu'ils avaient pris à l'air. On trouve dans le vin l'acide sulfureux changé en acide sulfurique (*Lettres sur la Chimie*, page 197).

Clarification des vins. La clarification du vin s'opère d'elle-même par le temps et le repos. Il se forme peu à peu un dépôt dans le fond et sur les parois des tonneaux, qui enlève une partie des matières en suspension. Ce dépôt constitue la *lie*, mélange de tartre, de matière colorante, etc., etc. Mais ces matières, quoique déposées dans le tonneau et précipitées du vin, sont susceptibles de s'y mêler encore par l'agitation, le changement de température; et alors, outre qu'elles nuisent à la qualité du vin qu'elles rendent trouble, elles peuvent lui imprimer un mouvement de fermentation qui le dispose à tourner au vinaigre.

C'est pour obvier à ces inconvénients qu'on transvase le vin, à diverses époques, en séparant avec soin toute la lie qui s'est déposée : c'est ce que l'on appelle soutirer ou transvaser le vin.

Le soutirage et le repos ne suffisent pas pour enlever toutes les matières en suspension dans le vin : il en reste toujours dont on ne peut s'emparer que par l'opération suivante qu'on appelle le *collage des vins*. On emploie ordinairement, pour coller les vins, la colle de poisson, les blancs d'œufs liquides ou desséchés, la gélatine ou colle forte, et quelquefois même la gomme arabique.

Lorsqu'on emploie la colle de poisson (la dose varie de 8 à 16 grammes par hectolitre), on la déroule avec soin, on la coupe par petits morceaux, on la fait tremper dans un peu de vin; elle se ramollit et forme un liquide épais et gluant que l'on verse dans le tonneau. On agite fortement le vin au moyen d'un bâton fendu en quatre, que l'on introduit par la bonde et que l'on fait mouvoir rapidement. On laisse reposer 10 ou 15 jours. La colle se précipite lentement à travers le liquide et entraîne avec elle les impuretés qui troublent la liqueur. Quand on emploie les blancs d'œufs, on les fouette avec un petit balai, et lorsqu'ils sont en mousse, on les verse dans le tonneau. A. CURTEL.

VIS (*angl.* screw, *all.* schraube). Les vis, quelle que soit la matière dont elles sont construites, que leur pas soit carré ou triangulaire, se font, comme nous l'avons indiqué, soit à l'aide de filières (voyez FILIÈRE et TARAUD), soit sur le TOUR. Dans les vis ordinaires, les vides sont égaux ou seulement de très peu supérieurs aux pleins ou filets; dans les *vis à bois*, au contraire, c'est-à-dire dans celles qui sont destinées à être enfoncées dans le bois, ce dernier offrant moins de résistance que le métal, on ne donne au filet qu'une épaisseur du quart ou du cinquième du pas de la vis; ces vis sont tantôt à tête ronde et saillante, tantôt à tête plate en dessus et destinées à être noyées dans l'épaisseur du bois; dans tous les cas, la tête porte une coupure qui reçoit le tourne-vis.

VIS DIFFÉRENTIELLE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE et PRESSE.

VIS D'ARCHIMÈDE. VIS HOLLANDAISE. Voyez HYDRAULIQUE, MACHINE SOUFFLANTE, MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

VITESSE. Voyez MÉCANIQUE DYNAMIQUE.

Digitized by Google

VITRIOL (huile de). Voyez *acide* SULFURIQUE.
VITRIOL BLANC. Voyez *sulfate de* ZINC.
VITRIOL BLEU. Voyez *sulfate de* CUIVRE.
VITRIOL VERT. Voyez *sulfate de* FER.

VOITURES (*angl.* wheel-carriage, *all.* fuhrwerke). Dans toute l'étendue du mot, on appelle voiture une machine mobile susceptible d'être appliquée au transport des personnes ou des marchandises sur une voie de terre. Cette voie, modification permanente du relief du globe, constitue une machine fixe, servant à diminuer les résistances qui s'opposent au mouvement de la voiture. Nous n'avons pas à nous occuper ici des voies de communication, que nous avons traitées aux articles ROUTES et CHEMINS DE FER.

Toute voiture se compose essentiellement d'un coffre servant à renfermer les objets à transporter et monté sur un nombre variable de roues circulaires à peu près verticales. Nous allons passer en revue les diverses parties qui entrent dans la composition d'une voiture, mais auparavant donnons le résumé des expériences de M. Morin sur le roulement des voitures et leur action sur la voie, elles font bien comprendre les diverses conditions auxquelles le constructeur doit satisfaire.

La résistance opposée par les routes pavées ou en empierrement solide au mouvement des voitures, et rapportée à l'axe de l'essieu dans une direction parallèle au terrain, est :

1° Sensiblement proportionnelle à la pression et inversement proportionnelle au rayon des roues; 2° Indépendante du nombre des roues et à très peu près indépendante de la largeur des bandes de roues.

Sur les terrains compressibles les terres, les sables, le gravier, les rechargements en matériaux solides et les routes neuves en empierrement la résistance décroît quand la largeur de la bande de roue augmente.

Sur les terrains mous et compressibles tels que les terres, le sable, les accotements en terre, en bon état ou avec ornières, la résistance est indépendante de la vitesse pour les voitures suspendues ou non suspendues.

A la vitesse de 1m en 1", sur le pavé en bon état et sur les routes en empierrement, la résistance est sensiblement la même pour les voitures suspendues et non suspendues. Sur les routes en empierrement et sur le pavé, la résistance croît avec la vitesse de manière que ses accroissements sont à peu près proportionnels à ceux de la vitesse à partir de celle de 1m en 1".

L'augmentation du tirage en fonction de la vitesse est d'autant moindre que la voiture est moins rigide, mieux suspendue, et la route plus unie. Elle est assez faible pour les vitesses du pas et du grand trot, pour les diligences bien suspendues, sur les routes en empierrement en très bon état qui n'offrent pas de cailloux à fleur de sol.

Sur un bon pavé, bien serré et bien uni, la résistance, au pas, n'est que les trois quarts de celle qu'offrent les meilleures routes en empierrement; et pour les voitures bien suspendues, la résistance au trot est la même sur le pavé que sur les routes en empierrement en bon état. Mais sur un pavé médiocrement entretenu, mal posé et à joints trop larges, la résistance au trot, même pour les voitures les mieux suspendues, est plus grande que sur les bonnes routes en empierrement.

L'inclinaison du tirage correspondante au maximum d'effet utile doit, en général, croître avec la résistance du sol, et être d'autant plus grande que le rayon des roues de l'avant-train est plus petit; ce qui, sur les routes ordinaires, conduit à se rapprocher de la direction horizontale autant que la construction de la voiture le permet.

Ces résultats d'expériences vont nous guider dans l'étude que nous allons faire des éléments qui entrent dans la construction des voitures.

Des roues. C'est sur l'invention de cet admirable organe, dont la découverte se perd dans la nuit des temps, que repose toute la locomotion sur terre. En remplaçant le frottement de glissement sur le sol d'un corps en mouvement par un frottement de roulement presque insensible sur une route en bon état et le frottement sur l'essieu qui exige un travail bien moindre, la roue se trouve un admirable organe mécanique auquel on ne fait pas attention précisément parce que son immense utilité en rend l'emploi de chaque instant.

Soit R le rayon de la roue, r celui de l'essieu, F la force de traction rapportée à l'axe et parallèlement au sol, ω l'angle de rotation, f le frottement sur l'essieu; le travail produit par la force sera $F \times R \times \omega$, travail qui sera égal, en négligeant le frottement de roulement au travail du frottement sur l'essieu, dont la valeur sera $fr\omega$; on aura donc $FR\omega = fr\omega$, ou $F = \frac{fr}{R}$

On en conclut que le rayon R doit être le plus grand possible; on est limité par la condition du bon attelage des chevaux et la stabilité à donner à la voiture. Quant aux termes f et r, ils doivent être aussi faibles que possible; nous verrons ci-après comment on y parvient en traitant des essieux.

Les roues se composent d'un moyeu, de rais et d'une jante. Le moyeu est une forte pièce de bois dont l'axe est évidé pour recevoir la boîte dans laquelle passe l'essieu. Sur sa circonférence dressée au tour sont pratiquées les entailles destinées à recevoir les pattes des rais. Ceux-ci destinés à unir la jante au moyeu sont de forme prismatique. Ils pénètrent la jante par leur extrémité en forme de cheville. La jante est composée de morceaux de bois dressés de forme circulaire et d'une longueur égale à une fraction déterminée de la circonférence $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{9}$, telle que deux joints ne se correspondent jamais. Les parties de la jante assemblées d'une part aux rais à l'aide des trous qui y sont percés sont réunies entre elles par des chevilles entrant dans des trous percés dans chaque face du joint.

Enfin la roue est munie d'un cercle en fer, qui, appliqué après avoir été chauffé, et par conséquent quand son diamètre est plus grand que celui de la roue, resserre tous les joints en se refroidissant, consolide la roue et lui donne la résistance convenable. Il serait inutile d'insister bien longuement sur le travail du charron. Le tracé se réduit évidemment à savoir diviser une circonférence en parties égales et le travail de l'ouvrier est assez simple pour être compris à première vue dans tous ces détails.

Les roues étant la partie de la voiture sur laquelle se porte presque toute la fatigue, leur usure est considérable; le cercle en fer doit donc être d'épaisseur convenable pour résister suffisamment. La fabrication des roues étant une industrie importante, on devait chercher à les établir à l'aide de moyens mécaniques. Depuis le perfectionnement des scieries, des outils servant à travailler le bois mécaniquement, la solution de ce problème était évidemment possible, plus facile même que celle de plusieurs autres résolus depuis assez longtemps, tels que celui de la fabrication des poulies par M. Brunel. Ce n'est pourtant que vers 1827 que M. Philippe a monté le premier établissement de fabrication des roues à la mécanique, en utilisant plusieurs inventions de détail déjà essayées.

Le moyeu tourné et percé sur un tour est placé sur une plate-forme à diviser pour être percé à l'aide de mèches mises en mouvement par des courroies suivant les positions exactes des rais. Ceux-ci, débités sous leur forme exacte à l'aide de scies, sont présentés à un système de scies circulaires parallèles, qui forment les faces de la patte pendant que d'autres scies circulaires en s'avançant en coupent les épaulements. L'autre extrémité du rai est formée à l'aide d'une espèce de lunette cou-

Digitized by Google

pante. La jante est débitée circulairement à l'aide d'une scie et d'un plateau tournant sur lequel est adaptée la pièce de bois. Nous avons donné idée de cette disposition à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

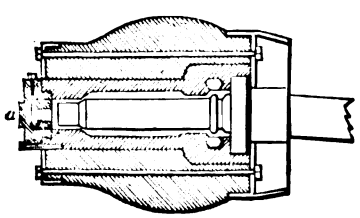
Enfin un dernier perfectionnement réel apporté dans cette fabrication consiste à faire l'embattage (le placement du cercle) sur une plate-forme en fonte placée au-dessus d'un réservoir. Le cercle chauffé bien également dans un four est placé sur la roue et battu fortement pour entrer à force. La roue se charbonne à son contour, et si cet effet pouvait se produire quelque temps, comme il arrive quelquefois dans le travail à la main, le cercle se trouverait bientôt trop grand. Mais dans le système dont nous parlons, aussitôt le cercle placé, on fait tourner un peu la plate-forme assemblée par son centre à un support par un assemblage à baïonnette et on la plonge dans l'eau du réservoir inférieur.

Écuanteur. Les axes des rais ne sont pas dans le plan passant par le milieu de la jante, ils ont une inclinaison qu'on appelle l'*écuanteur*. Cette inclinaison est fort importante à considérer, car c'est d'elle que dépend l'élasticité des roues, qui est évidemment d'autant plus grande que les rais transmettent plus transversalement les chocs. Comme la résistance des pattes des rais est limitée, cette inclinaison ne saurait être bien considérable ; mais son effet n'en est pas moins très sensible, et on doit y avoir égard, surtout dans les voitures non suspendues.

Des essieux et boîtes de roues. De la valeur que nous avons trouvée pour la force de traction, il résulte que celle-ci sera d'autant moindre que le rayon de l'essieu sera moindre, que la valeur du coefficient de frottement sera moindre. On satisfait à la première condition en faisant l'essieu du métal le plus résistant, d'une étoffe de fer et d'acier, qui permet de lui donner la dimension minimum ; à la seconde, en faisant tourner l'essieu dans une boîte de roue en bronze, assemblée avec le moyeu, et qu'on garnit de graisse.

Nous avons donné à l'article SERRURERIE les dimensions adoptées pour les essieux en proportion des charges ; nous n'avons pas à y revenir ici.

Une condition essentielle à remplir, consiste à empêcher la roue de quitter l'essieu dans aucun cas. Dans les charrettes, on se contente souvent de chasser une cheville en bois dans le bout de l'essieu, percé à cet effet, au-delà d'une rondelle mobile en fer qui s'applique sur le bout du moyeu. Pour les voitures communes, on forme un filet de vis au bout du moyeu, et on serre un écrou qui vient s'appliquer sur la rondelle. Une cheville empêche l'écrou de sortir, et le pas de celui d'une roue est en sens inverse de celui de l'autre roue, c'est-à-dire tel que le mouvement de la voiture tend toujours à serrer les 2 écrous. Toutefois, ce système ne met pas à l'abri de tous les accidents qui peuvent résulter de la perte d'un écrou dévissé par les chocs de la voiture. Toutes les voitures de luxe sont munies aujourd'hui du système anglais, d'essieux *patentés* qui parent tout à fait à ces accidents, et conservent bien mieux la graisse autour de l'essieu. La figure 2557 montre un sys-



2557.

tème de ce genre. On voit que l'essieu porte un collet, qui est recouvert par un chapeau assemblé au moyeu par quatre boulons et quatre écrous, qu'aucune cause ne peut faire tomber, puisqu'ils sont placés à l'intérieur et excentriques avec l'essieu. Dans le système représenté dans la figure, une boîte *a*, se montant à vis, vient presser par un coussinet en cuir pour éviter tout balottement de la roue. On voit que l'essieu ne porte pas dans toute la longueur de l'essieu, ce qui est inutile, mais seulement à ses extrémités. Il en résulte que si on introduit de l'huile dans le milieu par une ouverture qu'on ferme avec une vis, celle-ci, contenue dans un espace fermé, lubréfiera constamment les parties en contact, et rendra ainsi le frottement un minimum.

Ressorts. Nous avons vu au commencement de cet article toute l'importance des ressorts au point de vue de l'économie de la force motrice. Si l'on joint à cela le grand avantage qui résulte pour les voyageurs, de ne pas être atteints par les cahots de la voiture, on aura l'explication de la nécessité de suspendre toutes les voitures servant au transport des voyageurs, qui marchent toujours avec une certaine vitesse (voyez l'article SERRURERIE pour la fabrication des ressorts).

Train. Les voitures à deux roues se composent essentiellement de deux brancards attachés à l'essieu et auxquels le cheval est attaché. La voiture tourne par la rotation sur place d'une des roues, pendant que l'autre décrit un arc de cercle.

Dans les voitures à quatre roues, une tige, dite cheville ouvrière, placée généralement au-dessus du milieu de l'essieu des roues de devant, reçoit l'œil de la flèche assemblée à l'essieu des roues de derrière. Cette flèche pose sur une partie plate, dite semelle. La voiture tourne donc par la double rotation, d'abord, des roues de devant, entraînées par l'attelage, puis des roues de derrière entraînées par la cheville ouvrière.

Il en résulte que pour tourner à angle droit ou sous un angle plus grand, il faut que les roues de devant puissent passer sous la flèche. On y parvient en donnant aux roues de devant un faible diamètre, condition très défavorable pour le tirage. On diminue cet inconvénient dans quelques voitures, pour lesquelles la forme de la caisse le permet, en faisant la flèche en fer et la cintrant en col de cygne pour laisser passage aux roues de devant.

On peut obtenir un tournant suffisant, pour quelques cas spéciaux, avec des roues de devant d'un plus grand diamètre, par deux systèmes. Le premier consiste à reporter en arrière de l'essieu de devant la cheville ouvrière. Il est clair que dans ce cas le milieu de cet essieu s'écarte de l'axe de la voiture, dans un plan horizontal, et que les roues rencontreront la caisse de la voiture qui limite l'angle de rotation, d'autant plus tard, que le point de rotation sera plus en arrière de l'essieu. Bien entendu que cet effet n'a lieu qu'autant que la partie antérieure de la caisse de la voiture est assez étroite pour ne pas gêner ce déplacement latéral.

Le second moyen consiste à assembler par des chaînes croisées les deux essieux. Celui de devant ne pourra tourner sans entraîner celui de derrière de manière à faire converger les axes des deux essieux vers un point de rencontre de plus en plus rapproché. C'est le système que nous avons décrit à l'article CHEMIN DE FER et qui a été employé avec succès par M. Arnoux, au chemin de Sceaux. C'est pour des voitures à six roues que ce système a été proposé pour la première fois, par sir Sidney Smith. Il se proposait de faire tourner, très court, des voitures très longues, et avec un minimum de tirage, puisque les roues passant toutes par la même trace et quatre roues suffisant pour porter la voiture, les cahots résultant de l'enfoncement d'une roue dans une cavité du sol se trouvaient évités. Ce système avait un grand défaut, c'était celui qui résultait de l'emploi de petites roues pour toutes les voitures qui ne pouvaient tourner suffisamment, si celles de devant et cel-

Digitized by Google

les de derrière ne passaient sous la caisse; défaut majeur qui a empêché de donner suite à cet ingénieux système.

Attelage. Dans les voitures à deux roues le cheval placé entre les deux brancards porte une partie du poids de la voiture et la fait tourner en poussant les brancards. Tous les cahots de la voiture se transmettant au cheval, il fatigue beaucoup quand le poids à traîner est considérable. La charge d'une partie du poids de la voiture qu'il supporte, et qu'on a soin de rendre habituellement minime, par une bonne disposition du chargement, permet au cheval de traîner, sur un sol glissant, un poids supérieur à celui qu'il eût traîné étant libre. Dans ce dernier cas, en effet, le cheval ne trouvant d'autre adhérence sur le sol que le frottement qui varie avec son poids (sauf le cas où il rencontre des aspérités sur lesquelles il peut s'appuyer), et ce frottement augmentant avec la charge, l'effort qu'il pourra développer croîtra avec celle-ci.

Dans les voitures à plus de deux roues, le cheval est attelé à des palonniers, et la voiture, guidée par une flèche, dite timon, qui s'assemble à l'essieu des roues de devant. Etant entièrement libre l'attelage peut développer tous ses efforts en pleine liberté; les chevaux, placés près du timon, et qui en supportent l'extrémité par leurs colliers, souffrent seuls des cahots de la voiture, mais ne portent aucune partie de son poids.

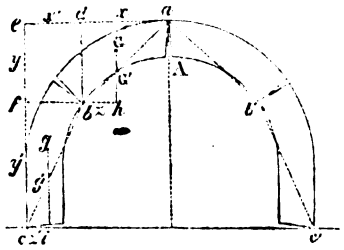
VOLANT. Voyez MACHINE A VAPEUR.

VOUTES. Il existe peu d'édifices importants où l'on n'ait eu recours aux voûtes, pour y réunir à la fois la solidité, la durée et l'aspect monumental. On en fait un usage journalier dans les constructions, même les moins importantes; dans la plus chétive maison, il y a une cave recouverte d'une voûte.

Les voûtes ne sont pas seulement importantes par leur usage fréquent, mais aussi par les difficultés que les ingénieurs et architectes éprouvent pour en fixer les dimensions, de manière à concilier l'économie, la solidité et l'élégance. Le problème de la détermination des conditions de stabilité d'une voûte, est un des plus complexes de l'art de construire; aussi a-t-il déjà fixé l'attention d'un grand nombre de savants, et il est encore aujourd'hui l'objet d'une étude très sérieuse de la part de M. Yvon Villarceau, qui, en envisageant la question sous un point de vue différent de ses devanciers, est arrivé à fixer d'une manière certaine, suivant les lois de la plus grande stabilité, les formes à donner à une voûte pour supporter des charges dont les intensités et le mode de répartition sont fixés à l'avance. Comme cette nouvelle théorie n'a pas encore été expérimentée, et que des idées nouvelles, quelque excellentes qu'elles soient, sont toujours longtemps avant d'être adoptées d'une manière générale dans la pratique, nous allons passer en revue les règles qui ont servi jusqu'à présent à fixer les dimensions des voûtes. Nous renvoyons à l'article PONTS pour les détails pratiques d'exécution de voûtes.

Que les voûtes soient de ponts ou d'édifices quelconques, il y a des conditions auxquelles elles doivent toujours satisfaire. Ainsi, par exemple, les surfaces de joint des voussoirs doivent toujours être normales à l'intrados, que cet intrados soit cylindrique, comme cela a lieu ordinairement, ou sphérique, comme dans les dômes, ou conoïde, comme dans les voûtes d'arêtes ou tours rondes (on verra plus loin que, d'après la disposition indiquée par la théorie de M. Yvon Villarceau, les plans de joints ne doivent pas être normaux à l'extrados, comme on a l'habitude de le faire, mais bien à l'intrados, à la courbe des centres de gravité des voussoirs supposés infiniment petits et à l'intrados fictif; ces trois courbes sont parallèles).

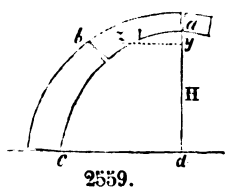
Dimensions des voûtes. Joints de rupture Lorsque les dimensions d'une voûte et de ses culées sont réduites au point de ne pouvoir se soutenir, on remarque, au moment où l'équilibre va se rompre, qu'en général la voûte s'ouvre, comme l'indique la fig. 2558, à l'intrados, à la clef; à l'extrados, en des points placés dans les *reins* de la voûte, et que les pieds-droits tournent autour de l'arête extérieure de leur base.



2558.

Quelquefois, lors de la rupture, on remarque que la voûte se fend à la clef et dans les reins, mais sans s'ouvrir, et que les pieds-droits glissent sur leurs bases.

Il est encore un troisième cas de rupture possible; c'est celui où, comme dans la fig. 2559, le voussoir inférieur, c'est-à-dire l'ensemble du pied-droit et de la partie de voûte inférieure au rein, exerce, pour tomber en avant, un effort plus grand que celui exercé par le voussoir supérieur pour le faire tourner en sens contraire. Alors la voûte s'ouvre comme dans le premier cas, mais à l'extrados, à la clef; à l'intrados, aux reins, et les pieds-droits tournent autour de l'arête intérieure de leurs bases.



2559.

Une voûte peut être considérée, d'après ces modes de rupture, comme composée de quatre voussoirs séparés par les joints où la rupture est possible, et qui doivent mutuellement se maintenir en équilibre.

1° Examinons d'abord le *premier cas de rupture*, celui où il y a affaissement de la voûte et renversement des pieds-droits (fig. 2558).

Au moment où l'équilibre se rompt, on peut supposer théoriquement que les voussoirs ne reposent plus l'un sur l'autre et sur le sol que par les arêtes a, b, b', c et c'. Alors les voussoirs ab, bc, ab' et $b'c'$ sont entre eux dans le même état d'équilibre que ses droites rigides ab, bc, ab' et $b'c'$, dont les poids seraient ceux des voussoirs, et dont les centres de gravité seraient placés aux points G', g', etc., situés sur les verticales passant par les centres de gravité G, g, etc., des voussoirs.

Partant de ces hypothèses, et en ne considérant, pour simplifier les formules, qu'une tranche de voûte de 1 mètre de longueur (s'il y a équilibre sur 1 mètre, il est évident qu'il subsistera dans toute l'étendue de la voûte), si on représente ad par x, de par x', ef par y, bh par z et ci par $z'i$; que de plus P soit le poids du voussoir agissant ab, et Q celui du voussoir résistant bc :

1° La réaction horizontale à la clef sera représentée par

$$P\frac{z}{y};$$

2° La condition d'équilibre sera

$$Qz' + Px' - P\frac{zy'}{y} = 0;$$

3° D'où il résulte que, pour le cas de rupture considéré, il n'y aura stabilité qu'autant que l'on aura

$$Qz' + Px' - P\frac{zy'}{y} > 0 \qquad (a),$$

Digitized by Google

ou en ajoutant $Pz - Pz$ au premier membre de cette inégalité,

$$Qz' + P(x' + z) - \left(Pz + P\frac{zy'}{y}\right) > 0.$$

Qz' est le moment du voussoir bc, pris par rapport à l'arête c; $P(x' + z)$ est le moment du voussoir ab, pris par rapport à la même arête: par conséquent la somme de ces deux expressions est égale au moment total MA de la demi-voûte, pris par rapport à l'arête c.

$M = Q + P$, poids de la demi-voûte;

A, distance horizontale du centre de gravité de la demi-voûte à l'arête c.

Le second terme de l'inégalité précédente devient, en réduisant au même dénominateur

$$Pz\frac{y + y'}{y} = PH\frac{z}{y}.$$

$H = y + y'$, hauteur totale de la voûte.

L'inégalité précédente devient donc en définitive

$$MA - PH\frac{z}{y} \text{ ou } H\left(\frac{MA}{H} - P\frac{z}{y}\right) > 0.$$

Il y aura rupture quand le terme négatif sera plus grand que le terme positif, équilibre quand il lui sera égal, et stabilité quand il sera plus petit.

Le terme $\frac{MA}{H}$ étant constant, et celui $P\frac{z}{y}$ étant seul variable, il est évident que si une voûte doit se rompre, ce sera au point pour lequel $P\frac{z}{y}$ est maximum : ainsi la première chose à faire pour s'assurer qu'une voûte résistera, c'est de déterminer la position du joint qui donne $P\frac{z}{y}$ maximum.

Il convient de remarquer que dans cette recherche on n'a à considérer que le voussoir supérieur, et que les joints pour lesquels on doit calculer les valeurs correspondantes de P, y et z, doivent être choisis voisins de celui que l'on croit de rupture. Il est convenable aussi d'observer que, pour abréger les calculs, les valeurs de P sont proportionnelles aux surfaces correspondantes de la section de la voûte, et les valeurs de y et z, données par ces surfaces, étant les mêmes que pour les portions correspondantes de la voûte, il conviendra d'opérer sur ces surfaces pour déterminer les valeurs successives de y et de z. La position du joint de rupture sera déterminée par la valeur maximum du produit de $\frac{z}{y}$ par la surface correspondante du voussoir.

Si on arrivait à une valeur de $P\frac{z}{y}$ trop grande, on augmenterait la largeur des pieds-droits de manière à faire croître convenablement MA.

Ce qui vient d'être dit s'applique aux voûtes surbaissées comme aux voûtes en plein cintre.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que la voûte n'avait à supporter que son propre poids ; mais ordinairement elle est surmontée d'un massif de maçonnerie formant une surface horizontale au-dessus de la voûte et des pieds-droits; de plus, encore, ce massif supporte ordinairement une surcharge accidentelle ou permanente. Dans ces divers cas, les poids P, Q, M comprennent non seulement ceux des parties correspondantes de la voûte proprement dite, mais aussi ceux des massifs de maçonnerie et les portions de surcharges qui reposent sur ces parties de la voûte. On a également égard à ces poids additionnels en déterminant les positions des centres de gravité.

Il convient de faire à une grande échelle l'épure qui sert à déterminer le joint de rupture; cela aide à fixer la position des centres de gravité, ainsi qu'à calculer les surfaces et, par suite, les poids des diverses parties de voûte que l'on a à considérer.

2° *Le deuxième cas de rupture d'une voûte* a lieu lorsque, par l'effet de la force horizontale maximum $P\frac{z}{y}$ du voussoir agissant, la culée ou pied-droit glisse sur sa base. Il est évident que ce glissement ne pourra se produire quand on aura

$$MK > P\frac{z}{y}.$$

K, coefficient du frottement de la culée sur sa base; on peut le faire égal à 0,76.

Les autres lettres ont la même signification qu'au cas précédent.

3° *Le troisième cas de rupture d'une voûte* se présente quand, par la forme de la voûte ou par le mode de répartition de la charge, les pieds-droits tendent à tomber en avant : alors la voûte s'ouvre à l'intérieur, aux reins, et à l'extérieur, à la clef, comme l'indique la figure 2559. Ce cas peut être considéré comme exceptionnel, et on peut généralement se dispenser de faire les calculs suivants :

On établit les conditions d'équilibre comme dans le premier cas, en prenant pour axes de rotation des voussoirs les arêtes a, b, c; et pour qu'il y ait stabilité, on trouve que l'on doit avoir

$$H\left(P\frac{z}{y} - \frac{MA}{H}\right) > 0, \text{ c'est-à-dire } P\frac{z}{y} > \frac{MA}{H}.$$

$H = ad$, hauteur de la voûte, mesurée à l'intrados;

M, poids de la demi-voûte;

A, distance horizontale des centres de gravité de la demi-voûte à l'arête de rotation c;

P, poids du voussoir agissant ab;

z, distance horizontale du centre de gravité du voussoir agissant à l'arête de rotation b;

y, distance verticale des arêtes de rotation a et b.

Si on n'arrivait pas à $P\frac{z}{y} > \frac{MA}{H}$, on ajouterait un massif de maçonnerie au pied-droit, en dehors de l'arête c. Dans ce troisième cas de rupture, ainsi que dans le deuxième, on a, comme dans le premier, égard à la maçonnerie et à la surcharge qui peuvent reposer sur la voûte.

Épaisseur des voûtes à la clef. La méthode qui vient d'être exposée pour déterminer s'il y a stabilité dans une voûte projetée, ne conduit que par tâtonnement aux dimensions qu'il convient définitivement d'adopter, en faisant diverses hypothèses sur l'épaisseur de la voûte. Afin de ne pas agir au hasard, on a recours, pour fixer le départ de ces suppositions, à la formule empirique suivante, que Perronnet a déduite de ses observations,

$$e = 0,0347d + 0^m,325.$$

e, épaisseur de la voûte à la clef en mètres;

d, distance des pieds-droits, si la voûte est en plein-cintre; dans les voûtes surbaissées, d exprime le double du rayon qui a servi à décrire la directrice de l'intrados dans les voûtes en arc de cercle, et l'arc supérieur de cette directrice dans les voûtes en anse de panier.

Comme, pour des valeurs de d supérieures à 30m, la formule donne des épaisseurs trop fortes, il conviendra dans ces cas de se guider, pour sa première hypothèse, sur les constructions existantes.

Partant de l'épaisseur à la clef ainsi trouvée, on détermine, comme il a été indiqué plus haut, le joint de rupture, et, par suite, la poussée horizontale $P\frac{z}{y}$ de chaque voussoir agissant sur le voussoir résistant. Si cette poussée s'exerçait uniformément sur toute la hauteur e du joint à la clef, il serait facile de calculer quelle

Digitized by Google

devrait être la valeur de e pour y résister ; mais remarquons que le voussoir agissant $a\,b$, fig. 2558, par sa tendance à tourner autour de l'arête a, rend nulle la pression au point intérieur A, tandis qu'elle est maximum au point extérieur a. Il est évident que la voûte ne résistera qu'autant que la pression maximum au point a ne dépassera pas la limite k que comporte la pierre de la voûte. La pression étant nulle en A, et k en a, on peut supposer que chaque élément de e résiste en raison inverse de sa distance au point a, d'où il résulte que la résistance moyenne est $\frac{k}{2}$, et la résistance totale $\frac{ke}{2}$.

Cette résistance totale peut être représentée par la surface d'un triangle, dont la base est k et la hauteur e ; son point d'application est situé au centre de gravité du triangle, c'est-à-dire à une distance $\frac{e}{3}$ de la base, qui se confond avec l'arête a ; et comme le moment de cette résistance, pris par rapport à l'arête de rotation b, doit être égal au moment du poids du voussoir agissant $a\,b$, pris par rapport à ce même axe b, on doit donc avoir

$$\frac{ke}{2}\left(y-\frac{e}{3}\right)=\mathrm{P}z.$$

Dans cette égalité, les longueurs étant représentées en mètres, et P en kilogrammes, k exprime le nombre de kilogrammes que peut supporter avec sécurité chaque mètre carré de la pierre qui compose la voûte. (En pratique on peut faire travailler la pierre depuis 1/15 jusqu'au 1/10 de la charge de rupture.)

L'équation précédente ainsi établie donnera la valeur de e, et si cette valeur était différente de celle que l'on a supposée pour déterminer le joint de rupture, on répéterait cette détermination en adoptant cette nouvelle valeur de e ; et la nouvelle valeur de $\mathrm{P}z$ fournirait pour e une valeur plus approchée.

Épaisseur des pieds-droits. Lorsque les pieds-droits font culée, c'est-à-dire lorsqu'ils doivent résister à la poussée horizontale de la voûte, il peut arriver qu'ils se renversent en tournant autour de l'arête extérieure. Cette circonstance ne peut se réaliser qu'autant que l'inégalité (*a*), colonne 3824, ne serait pas satisfaite, ce qui indiquerait qu'il faut augmenter l'épaisseur du pied-droit et par suite z'.

On opérerait d'une manière analogue pour le cas où le pied-droit pourrait tourner autour de l'arête intérieure de sa base.

Il pourrait arriver aussi que, par suite d'une trop faible épaisseur, le pied-droit glissât sur sa base. Ce glissement n'est possible qu'autant que l'inégalité du 2°, colonne 3826, n'est pas satisfaite.

Il pourrait arriver également que la voûte glissât sur ses naissances. On vérifiera encore si cet effet est possible à l'aide de l'inégalité du 2°, colonne 3826, dans laquelle M ne comprendra plus le poids du pied-droit, mais seulement celui de la moitié de voûte qui le surmonte. Ce cas est évidemment celui qui exige la plus grande épaisseur de pied-droit ; cependant, comme l'épaisseur statique calculée pour le renversement est ordinairement plus que suffisante pour résister au glissement, on ne peut s'en tenir à cette dernière.

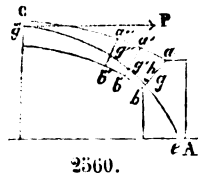
Ordinairement on augmente l'épaisseur statique trouvée d'une quantité telle, qu'en y supposant appliquée une pression égale aux 2/3 de la charge totale de la fondation, on n'ait à craindre ni le tassement du sol ni l'écrasement de la pierre. Dans le *Mémorial du Génie militaire*, au lieu d'opérer ainsi pour obtenir de la stabilité, on multiplie l'épaisseur statique trouvée par un coefficient égal à 1,38 ou 1,40 ; on l'a même porté à 1,90, mais cette valeur paraît exagérée.

Dans les anciens ponts, on faisait les arches très petites et en plein cintre ou en anse de panier, et les piles faisaient culée ; mais dans les arches actuelles, que l'on fait grandes et en arc de cercle, afin de faciliter la navigation, le joint de rupture étant aux naissances pour un arc dont la flèche est le 1/6 ou le 1/8 de l'ouverture, il en résulte que la poussée est trop considérable pour pouvoir établir des piles faisant culée. On se contente de leur donner des dimensions suffisantes pour que les pierres résistent avec sécurité à la charge qu'elles ont à supporter, en ayant égard aux effets des glaces et à toutes les autres causes de dégradation.

Méthode graphique, donnée par M. Méry, ingénieur des ponts et chaussées, *pour calculer la stabilité des voûtes*.

Par ce procédé, très pratique, on peut obtenir les divers éléments principaux nécessaires pour déterminer les épaisseurs des voûtes cylindriques de toutes les formes et celles de leurs pieds-droits.

Lorsqu'une voûte est en équilibre, de quelque manière que la pression se répartisse entre les divers points de chaque joint, elle donne lieu à une résultante unique appliquée en un point du joint : ainsi, par exemple, pour le joint $a\,b$ (fig. 2560), cette résultante, que nous désignerons par p, sera appliquée au point g, et le voussoir C b agissant sur le joint $a\,b$, devra être tenu en équilibre par la réaction p de ce joint et par la poussée horizontale P qui agit au sommet de la voûte. Sur chacun des autres joints $a'\,b'$, $a''\,b''$, etc., il existe des points g', g'', etc., analogues à g. Tous ces points déterminent une courbe, que M. Méry appelle *courbe des pressions*, qui est très propre à éclairer sur l'équilibre de la voûte.



2560.

Si cette courbe passe au sommet C de la voûte, au point b de l'intrados et au point extérieur A, cela indique que la voûte tend à s'ouvrir à l'intrados au joint C, à l'extrados au joint $a\,b$, et que le pied-droit tend à tourner autour de l'arête extérieure A.

La courbe des pressions n'atteignant pas les points C, b et A, mais s'en approchant, comme l'indique la fig. 2560, elle montre encore que c'est en ces points que la voûte est le plus faible.

La résultante de toutes les pressions qui s'exercent sur le joint $a\,b$ passant par le point g, où la courbe des pressions rencontre ce joint, la moitié des composantes de p agissent sur la portion $b\,g$, qui doit y résister sans s'écraser ; il en est de même de chacune des portions e A, $b'\,g'$, $b''\,g''$ C g'''.

Nous disons que $b\,g$ doit être capable de supporter la moitié de la pression qui s'exerce sur le joint $b\,a$; mais remarquons que la pression allant en augmentant depuis le point g jusqu'en b, l'arête b s'écraserait si on s'en tenait pour évaluer $b\,g$ à la limite exigée par une demi-pression répartie uniformément. On n'a rien de bien positif sur la manière dont la pression se répartit sur un joint ; mais on admet généralement qu'étant à son maximum en b, elle décroît proportionnellement à la distance de ce point ; de sorte que la pression étant moyenne en g, elle est nulle au point h qui donne $h\,g=2\,g\,b$ (la pression totale sur le joint étant représentée par la surface d'un triangle dont $h\,b$ est la hauteur, g le centre de gravité, et dont la base, que nous représenterons par k, est proportionnelle à la pression maximum en b, en tout autre point du joint, la pression est représentée par la parallèle menée en ce point à la base du triangle).

Cela posé, comme il est évident qu'au point b la pression k ne doit pas dépasser la limite que comporte la pierre, il en résulte que la partie $b\,g$ doit être capable de supporter une charge représentée par $k\times b\,g$; et comme la pression totale sur le joint $a\,b$ est $k\times\frac{1}{2}b\,g$, on voit donc que $b\,g$ doit être capable de supporter avec

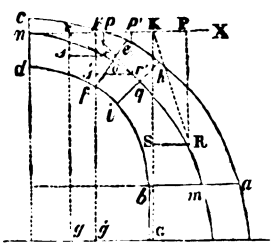
Digitized by Google

sécurité les 2/3 de la charge totale du joint, quoiqu'en réalité il n'en supporte que la moitié.

La pression s'exerçant suivant la tangente à la courbe des pressions, cette courbe, par son inclinaison sur les divers joints, sert encore à faire connaître les points où le glissement est à craindre. α étant l'angle que fait la direction de la pression avec le joint du voussoir, l'effort qui agit suivant la direction du joint pour produire le glissement est $p \cos. \alpha$; l'effort normal au joint est $p \sin. \alpha$. 0,76 étant le coefficient de frottement ordinairement adopté, on doit avoir, pour qu'il y ait stabilité, $p \cos. \alpha < p \sin. \alpha \times 0{,}76$ ou $\cos. \alpha < \sin. \alpha \times 0{,}76$.

Tracé de la courbe des pressions. Une voûte exigeant, pour sa stabilité, que son épaisseur et celle de ses pieds-droits soient plus considérables que ne l'exige l'équilibre statique, on conçoit que la courbe des pressions peut y prendre une infinité de positions différentes sans qu'il soit possible de préciser celle qui se réalisera. Le tassement, que l'on ne peut évaluer à l'avance, et les surcharges accidentelles auxquelles la voûte peut être soumise ajoutent encore à l'incertitude.

Prenons (fig. 2561), sur le plan des naissances, le point m, paraissant, par ses distances aux points b et a, devoir appartenir à la courbe des pressions (chacune des parties bm et am doit pouvoir supporter sans s'écraser les 2/3 de la charge du joint ab); prenons également sur le joint vertical cd, le point n, paraissant, par sa distance au point c, appartenir à la courbe des pressions, et proposons-nous de tracer cette courbe passant par m et n, c'est-à-dire de trouver les points en lesquels elle rencontre les joints ef, hi, etc.



2561.

On calcule le poids du voussoir $cdba$, et on détermine la position de son centre de gravité, soit KG la verticale passant par ce centre de gravité; prolongeons cette verticale jusqu'à l'horizontale nX, joignons Km, prenons KS proportionnelle au poids trouvé, et, terminant le parallélogramme KSRP, KP est proportionnelle à la poussée horizontale, et la diagonale KR a la pression totale p sur le joint ab. Cela fait, soit kg la verticale passant par le centre de gravité du voussoir $cdfe$; prenons ks proportionnelle au poids de ce voussoir et kp égale à la poussée horizontale KP; construisons le parallélogramme $ksrp$; la diagonale kr représente l'intensité et la direction de la pression sur le joint ef, et le point o, où elle rencontre ce joint, est un des points de la courbe des pressions. Opérant sur le voussoir $cdih$, comme sur $cdfe$, on détermine le point q, où la courbe rencontre le joint hi, et par la même marche on détermine tous les autres points de cette courbe.

Si les points m et n ont été mal choisis, on ne tarde pas à s'en apercevoir; la courbe que l'on obtient sort des limites convenables, ou conduit à une épaisseur démesurée de pieds-droits. On fait alors une nouvelle hypothèse sur la position de ces points, et on construit une nouvelle courbe, en se servant évidemment des poids et des positions des centres de gravité qui ont servi pour la première courbe.

Supposant que la voûte soit construite en matériaux assez résistants pour que la pression puisse s'exercer sur les arêtes des voussoirs sans les écraser, il est évident qu'il y aura équilibre tant que la courbe des pressions ne dépassera en aucun point la limite des voussoirs; mais qu'aussitôt cette limite dépassée, l'équilibre sera rompu si la voûte n'est pas consolidée par des armatures ou par des mortiers d'une résistance supérieure à l'effort qui tend à rompre l'équilibre. Avec les matériaux ordinairement employés, les distances de la courbe aux extrémités de chaque joint doivent être telles, que chacune d'elles soit capable de supporter une charge uniformément répartie égale aux 2/3 de la charge totale qui repose sur le joint.

Lorsque deux voûtes opposées s'appuient sur un même pied-droit, on peut s'en tenir à une épaisseur moindre; parce que, outre que les poussées contraires rendent tout mouvement du pied-droit impossible, la maçonnerie qui relie les deux voûtes au-dessus du plan des naissances rend impossible le glissement et le mouvement de la partie de voûte comprise entre les naissances et les reins. Il est évident que le massif de maçonnerie qui doit relier les deux voûtes doit être construit au moins jusqu'aux joints de rupture des voûtes, avant le décintrement et le chargement.

TABLEAUX DE M. PETIT POUR DÉTERMINER LES DIMENSIONS DES VOUTES.

M. Petit, capitaine du génie, a donné les tableaux suivants des valeurs des angles de rupture, c'est-à-dire des angles que forment avec la verticale les rayons menés du centre de la voûte aux joints de rupture.

1° Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs limites des pieds-droits des voutes en plein cintre à extrados parallèles, sans aucune maçonnerie ni surcharge sur la voûte.

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados.		Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
			Cas de la rotation.	Cas du glissement	
2.732	1.454	0° 00′	0.00000	0.98923	
2.70	1.476	13 42	0.00214	0.96262	
2.65	1.212	22 00	0.00349	0.92168	
2.60	1.250	27 30	0.00809	0.88451	
2.50	1.333	35 52	0.02283	0.80346	
2.40	1.428	42 6	0.04109	0.72847	
2.30	1.538	46 47	0.06835	0.65654	
2.20	1.666	51 4	0.08648	0.58767	
2.10	1.840	54 27	0.10926	0.52186	
2.00	2.000	57 17	0.13047	0.45912	1.3223
1.90	2.282	59 37	0.14813	0.39943	1.2320
1.80	2.500	61 24	0.16373	0.34281	1.1414
1.70	2.857	62 53	0.17180	0.28924	1.0484
1.60	3.333	63 49	0.17517	0.23874	0.9525
1.59	3.389	63 52	0.17533	0.23386	0.9427
1.58	3.448	63 55	0.17535	0.22901	0.9329
1.57	3.508	63 58	0.17524	0.22434	0.9233
1.56	3.571	64 1	0.17499	0.21940	0.9134
1.55	3.636	64 3	0.17478	0.21464	0.9034
1.54	3.703	64 5	0.17445	0.20991	0.8934
1.53	3.773	64 7	0.17397	0.20521	0.8834
1.52	3.846	64 8	0.17352	0.20054	0.8730
1.51	3.920	64 8	0.17340	0.19590	0.8628
1.50	4.000	64 9	0.17254	0.19130	0.8527
1.49	4.081	64 8	0.17180	0.18673	0.8424
1.48	4.166	64 8	0.17095	0.18218	0.8320
1.47	4.255	64 7	0.17008	0.17766	0.8216
1.46	4.347	64 6	0.16945	0.17318	0.8112
1.45	4.444	64 5	0.16798	0.16872	0.8007
1.44	4.545	64 3	0.16683	0.16430	0.7962
1.43	4.651	64 0	0.16568	0.15991	0.7934
1.42	4.761	63 56	0.16448	0.15555	0.7906
1.41	4.878	63 52	0.16317	0.15122	0.7874

Digitized by Google

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. — Cas de la rotation.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. — Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
1.40	5.000	63° 48'	0.16167	0.14691	0.7838
1.39	5.128	63 43	0.16014	0.14264	0.7801
1.38	5.263	63 38	0.15845	0.13841	0.7760
1.37	5.406	63 32	0.15672	0.13420	0.7717
1.36	5.555	63 26	0.15482	0.13002	0.7670
1.35	5.714	63 19	0.15287	0.12587	0.7622
1.34	5.882	63 10	0.15096	0.12176	0.7574
1.33	6.060	63 00	0.14896	0.11767	0.7524
1.32	6.264	62 50	0.14678	0.11362	0.7468
1.31	6.451	62 33	0.14510	0.10959	0.7425
1.30	6.666	62 14	0.14330	0.10559	0.7379
1.29	6.896	62 9	0.14013	0.10163	0.7297
1.28	7.142	62 3	0.13691	0.09770	0.7213
1.27	7.407	61 47	0.13430	0.09379	0.7144
1.26	7.692	61 30	0.13157	0.08992	0.7071
1.25	8.000	61 15	0.12847	0 08608	0.6987
1.24	8.333	61 1	0.12516	0.08227	0.6896
1.23	8.695	60 40	0.12201	0.07849	0 6809
1.22	9.090	60 19	0.11887	0.07474	0 6721
1.21	9.523	60 00	0.11516	0.07102	0.6615
1.20	10.000	59 41	0.11140	0.06733	0.6504
1.19	10.526	59 10	0.10794	0.06368	0.6404
1.18	11.111	58 40	0.10447	0.06005	0.6292
1.17	11.764	58 9	0.10021	0.05646	0.6171
1.16	12.500	57 40	0.09593	0.05289	0.6038
1.15	13.333	57 1	0.09176	0.04935	0.5905
1.14	14.285	56 23	0.08729	0.04585	0.5759
1.13	15.384	55 45	0.08254	0.04237	0 5601
1.12	16.666	54 48	0.07789	0.03984	0.5444
1.11	18.181	54 10	0.07273	0.03552	0.5259
1.10	20.000	53 15	0.06754	0.03213	0.5066
1.09	22.222	52 14	0.06477	0.02879	
1.08	25.000	51 7	0.05649	0 02546	
1.07	28.571	49 48	0.05065	0 02217	
1.06	33.333	48 18	0.04455	0.01891	
1.05	40.000	46 32	0.03813	0.01568	
1.04	50.000	44 4	0.03139	0.01249	
1.03	66.666	41 4	0.02459	0.00932	
1.02	100.000	38 12	0.01691	0.00618	
1.01	200.000	32 36	0.00889	0.00308	
1.00	Infini.	0 00	0.00009	0.00000	

Observations sur la table précédente, et usage de cette table.

R, rayon de l'extrados;

r, rayon de l'intrados;

C, rapport de la poussée horizontale maximum agissant à la clef au carré du rayon r.

Pour obtenir la valeur de la poussée horizontale en kilogrammes, par mètre courant de longueur de voûte, il suffit de multiplier le produit Cr^2 par le poids d'un mètre cube de maçonnerie, qui est ordinairement de 2250 kilogrammes pour le moellon.

L'auteur de cette table remarque que la rupture des voûtes en plein cintre à extrados parallèle n'a lieu que par rotation à l'intérieur, autour d'un joint des reins ou par glissement à l'intérieur sur un des joints.

Les valeurs du rapport C sont calculées, dans les cas du glissement, en supposant le coefficient du frottement égal à 0,577; c'est la valeur donnée par Rondelet pour des parallélipipèdes en pierre de liais, équarris et dressés au grès, glissant sur un plan de même pierre et dressé de même. De ses expériences, Boistard conclut qu'il faut faire ce coefficient égal à 0,76 pour la maçonnerie.

L'examen des valeurs de C fait voir que, dès que le rapport $\frac{R}{r} = 1,44$, la poussée horizontale devient plus faible pour le cas du glissement que pour celui de la rotation; par conséquent, pour les voûtes donnant $\frac{R}{r}$ supérieur à 1,44, on adoptera les valeurs de C dues au glissement; pour les valeurs de $\frac{R}{r}$ de 1,44 et au-dessous, on adoptera les valeurs de C dues à la rotation. Un interligne horizontal, placé dans les colonnes de la table, indique la limite où l'une des valeurs de C commence à surpasser l'autre.

L'épaisseur-limite du pied-droit, dont il est question dans la 6e colonne de la table, est l'épaisseur qu'il faudrait adopter si la hauteur du pied-droit était infinie. Dans les cas ordinaires de la pratique, quand on n'a pas besoin d'une très grande stabilité, on peut réduire cette épaisseur-limite de 1/10 environ.

Soit à déterminer, par exemple, l'épaisseur-limite à donner aux pieds-droits d'une voûte à extrados parallèle, de 5 mètres de diamètre, en faisant usage de la table précédente.

On commence par déterminer l'épaisseur de la voûte d'après la formule de Perronnet (col. 3826), ce qui donne :

$$e = 0,0347d + 0,325 = 0,0347 \times 5 + 0,325 = 0^m,498.$$

On a donc : $r = 2^m,50$, $R = 2^m,998$, et par suite,

$$\frac{R}{r} = 1,20.$$

Ce rapport étant moindre que 1,44, la poussée par rotation est supérieure à celle par glissement, et on doit prendre

$$C = 0,11140.$$

La poussée par mètre courant est alors

$$0,11140 \times r^2 \times 2250 = 0,11140 \times 2,50 \times 2,50 \times 2250 = 1566 \text{ kilogr.}$$

L'épaisseur-limite des pieds-droits est, en adoptant la stabilité de Lahire,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,6504 \times 2,50 = 1^m,626.$$

Si les pieds-droits, au lieu d'être supposés avoir une hauteur infinie, n'avaient que 3 mètres de hauteur, on pourrait, d'après une application d'une formule de M. Petit, réduire l'épaisseur $1^m,626$ à $1^m,457$.

2° *Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs-limites des pieds-droits des voûtes en plein cintre extradossées en chape à 45°. Ce sont les voûtes en plein cintre extradossées parallèlement, mais couvertes d'une chape de maçonnerie dont le plan supérieur est incliné à 45° à l'horizon, et tangent à l'extrados de la voûte.*

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. — Cas de la rotation.	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. — Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Vauban*
2.00	2.000	60°	0.26424	0.74361	4.7246
1.90	2.222	60	0.28416	0.65648	4.6204
1.80	2.500	60	0.29907	0.57383	4.5147
1.70	2.857	60	0.30867	0.49564	4.4081
1.60	3.333	60	0.31245	0.42191	4.2990
1.59	3.389	60	0.31249	0.41478	4.2880
1.58	3.448	60	0.31257	0.40841	4.2781
1.57	3.508	61	0.31264	0.40067	4.2660
1.56	3.571	61	0.31246	0.39367	4.2548
1.55	3.636	61	0.31222	0.38673	4.2437

Digitized by Google

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Vauban.*
1.54	3.703	61°	0.34191	0.37983	1.2318
1.53	3.773	61	0.34153	0.37297	1.2214
1.52	3.846	61	0.34108	0.36615	1.2102
1.51	3.920	61	0.34056	0.35938	1.1989
1.50	4.000	61	0.30996	0.35266	1.1877
1.49	4.081	61	0.30928	0.34598	1.1764
1.48	4.166	61	0.30855	0.33934	1.1650
1.47	4.255	61	0.30772	0.33275	1.1537
1.46	4.347	60	0.30685	0.32621	1.1422
1.45	4.444	60	0.30587	0.31974	1.1308
1.44	4.545	60	0.30485	0.31325	1.1193
1.43	4.651	60	0.30408	0.30684	1.1078
1.42	4.761	60	0.30296	0.30047	1.1008
1.41	4.878	60	0.30173		1.0986
1.40	5.000	59	0.30001	0.28787	1.0954
1.39	5.128	59	0.29712		1.0914
1.38	5.263	59	0.29706		1.0893
1.37	5.406	59	0.29550		1.0872
1.36	5.555	59	0.29386		1.0844
1.35	5.714	58	0.29285		1.0823
1.34	5.882	58	0.29037		1.0777
1.33	6.060	58	0.28850		1.0742
1.32	6.264	58	0.28654		1.0705
1.31	6.451	57	0.28456		1.0668
1.30	6.666	57	0.28231	0.22756	1.0626
1.29	6.896	57	0.28027		1.0588
1.28	7.142	56	0.27840		1.0547
1.27	7.407	56	0.27578		1.0503
1.26	7.692	55	0.27343		1.0458
1.25	8.000	54	0.27102		1.0412
1.24	8.333	53	0.26850		1.0363
1.23	8.695	53	0.26608		1.0316
1.22	9.090	52	0.26377		1.0272
1.21	9.523	51	0.26074		1.0217
1.20	10.000	50	0.25806	0.17171	1.0160
1.19	10.526	50	0.25546		1.0109
1.18	11.111	49	0.25277		1.0045
1.17	11.764	49	0.25010		1.0002
1.16	12.500	48	0.24742		0.9948
1.15	13.333	47	0.24477		0.9894
1.14	14.285	46	0.24218		0.9842
1.13	15.384	44	0.23967		0.9791
1.12	16.666	43	0.23732		0.9743
1.11	18.181	43	0.23502		0.9695
1.10	20.000	42	0.23292	0.12032	0.9652
1.05	40.000	36	0.22902		0,9571

Les observations de la table 1° s'appliquent également à celle-ci ; et pour déterminer l'épaisseur-limite des pieds-droits on suit également la même marche : ainsi, on commence par déterminer l'épaisseur de la voûte extradossée parallèlement, à l'aide de la formule de Perronnet ; on a alors $\frac{R}{r}$; le tableau donne la valeur de C qui correspond à ce rapport ; et de cette valeur de C on conclut la poussée horizontale, ainsi que l'épaisseur-limite des pieds-droits. En opérant de cette manière, on trouverait, pour une voûte de 8 mètres de diamètre à l'intrados,

$$e = 0^m,6026,\ \frac{R}{r} = 1,15\ ;\ C = 0,24477.$$

La poussée horizontale par mètre courant est,

$$0,24477 \times r^2 \times 2250 = 8811 \text{ kilogr.},$$

et l'épaisseur-limite des pieds-droits est, en adoptant la stabilité de Vauban,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,9894 \times r = 3^m,9576.$$

Les pieds-droits ayant 5 mètres de hauteur, on pourrait prendre pour leur épaisseur $3^m,676$.

3° *Table des angles de rupture, des poussées et des épaisseurs-limites des pieds-droits des voûtes en plein cintre extradossées horizontalement. Ce sont des voûtes en plein cintre extradossées parallèlement, et couvertes d'un massif de maçonnerie dont le plan supérieur est horizontal et tangent à l'extrados de la voûte.*

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diamètre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire*
2.00	2.000	36°	0.05486	0.50358	1.3834
1.90	2.222	39	0.07401	0.43966	1.2925
1.80	2.500	44	0.08850	0 37904	1.2001
1.70	2.857	48	0.10634	0.32464	1.1055
1.60	3.333	52	0.12300	0.26755	0.0082
1.59	3.389	52	0.12453	0.26232	0.9984
1.58	3.448	53	0.12602	0.25712	0.9885
1.57	3.508	53	0.12747	0.25196	0.9784
1.56	3.571	54	0.12837	0.24683	0.9684
1.55	3.636	54	0.13027	0.24173	0.9584
1.54	3.703	55	0.13153	0.23667	0.9483
1.53	3.773	55	0.13289	0.23163	0.9381
1.52	3.846	55	0.13414	0.22664	0.9280
1.51	3.920	55	0.13531	0.22167	0.9177
1.50	4.000	56	0.13648	0.21673	0.9075
1.49	4.081	56	0.13756	0.21183	0.8972
1.48	4.166	56	0.13856	0.20696	0.8868
1.47	4.255	57	0.13952	0.20213	0.8764
1.46	4.347	57	0.14041	0.19733	0.8659
1.45	4.444	57	0.14122	0.19256	0.8554
1.44	4.545	58	0.14195	0.18782	0.8448
1.43	4.651	58	0.14268	0.18312	0.8341
1.42	4.761	58	0.14311	0.17845	0.8234
1.41	4 878	59	0.14376	0.17381	0.8126
1.40	5.000	59	0.14421	0.16920	0.8018
1.39	5.128	59	0.14456	0.16463	0.7909
1.38	5.263	59	0.14481	0.16009	0.7799
1.37	5.406	60	0.14498	0.15558	0.7689
1.36	5.555	60	0.14506	0.15111	0.7577
1.35	5.714	60	0.14504	0.14666	0.7465
1.34	5.882	60	0.14491	0.14225	0.7420
1.33	6.060	61	0.14467		0.7414
1.32	6.264	61	0.14460		0.7412
1.31	6.451	61	0.14390		0.7394
1.30	6.666	61	0.14332	0.12495	0.7379
1.29	6.896	61	0.14264		0.7362
1.28	7.142	62	0 14186		0.7342
1.27	7.407	62	0.14101		0.7320
1.26	7.692	62	0 13988		0.7290
1.25	8 000	62	0.13872	0.10405	0.7260
1.24	8.333	62	0.13737		0.7225
1.23	8.695	63	0.13593		0.7187
1.22	9.090	63	0.13437		0.7145
1.21	9.523	63	0.13263		0.7099
1.20	10.000	63	0.13073	0.08397	0.7048
1.19	10.526	63	0.12870		0.6993
1.18	11.111	63	0.12650		0.6933
1.17	11.764	64	0.12415		0.6868

Digitized by Google

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	Rapport du diametre à l'épaisseur	Valeur de l'angle de rupture	Rapport C de la poussée au carré du rayon r de l'intrados. Cas de la rotation.	Cas du glissement	Rapport $\sqrt{2C}$ de l'épaisseur-limite du pied-droit au rayon de l'intrados, *stabilité de Lahire.*
1.16	12.500	64°	0.12182		0.6803
1.15	13.333	64	0.11895	0.06471	0.6723
1.14	14.285	64	0.11608		0.6641
1.13	15.384	64	0.11303		0.6553
1.12	16.666	64	0.10979		0.6459
1.11	18.181	65	0.10641		0.6358
1.10	20.000	65	0.10279	0.04627	0.6249
1.09	22.222	66	0.098992		0.6133
1.08	25.000	66	0.094967		0.6007
1.07	28.571	67	0.091489		0.5886
1.06	33.333	68	0.086376		0.5729
1.05	40.000	69	0.081755	0.02865	0.5573
1.04	50.000	70	0.076857		
1.03	66.666	71	0.071853		
1.02	100.000	73	0 066469		
1.01	200.000	74	0.061324		
1.00	Infini.	75	0 055472	0.01185	

Les observations des tables 1° et 2° s'appliquent également à cette dernière, et pour une voûte de 10 mètres de diamètre à l'intrados, la règle de Perronnet donne

$$e = 0^m,672,$$

d'où on conclut : $\frac{R}{r} = 1,13$; $C = 0,11303$; la poussée horizontale par mètre courant est

$$0,11303 \times r^2 \times 2250 = 6359 \text{ kilogr.};$$

et l'épaisseur-limite des pieds-droits doit être, en adoptant la stabilité de Lahire,

$$\sqrt{2C} \times r = 0,6553 \times 5 = 3^m,2765.$$

Les pieds-droits ayant une hauteur de 5 mètres, on peut prendre pour leur épaisseur $2^m,8075$.

M. Petit a encore considéré les *voûtes en arc de cercle extradossées parallèlement*. Il convient de distinguer le cas où la moitié α de l'angle au centre, correspondant à l'arc de la voûte, est plus grand que l'angle de rupture donné par la table 1°, col. 3830, pour une voûte en plein cintre extradossée parallèlement et pour une même valeur de $\frac{R}{r}$, et le cas où α est plus petit que cet angle de rupture.

R, rayon de l'extrados ;

r, rayon de l'intrados. Ayant r, on détermine l'épaisseur de la voûte à la clef, et par suite R à l'aide de la règle de Perronnet (colonne 3826).

1° Si α est plus grand que l'angle de rupture, la poussée horizontale est la même que si la voûte était en plein cintre avec R et r pour rayons, et se calculerait comme au 1° (colonne 3830). Quant à l'épaisseur-limite e des pieds-droits, on la calcule à l'aide de la formule

$$E = r\sqrt{3,8C}.$$

C a la valeur consignée table 1°.

Dans les cas ordinaires de la pratique, on peut diminuer de 1/10 cette épaisseur-limite.

2° Si le demi-angle α est plus petit que l'angle de rupture donné table 1°, ce qui a lieu ordinairement en pratique, on calcule le rapport C de la poussée au carré du rayon de l'intrados, à l'aide de la table suivante, relative à sept valeurs différentes de α ; ayant C, on détermine l'épaisseur-limite des pieds-droits a l'aide de la formule

$$E = r\sqrt{3,8C}.$$

Table des poussées des voûtes en arc de cercle extradossées parallèlement (l est l'ouverture de la voûte et f la flèche).

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	RAPPORT C DE LA POUSSÉE AU CARRÉ DU RAYON r, POUR $l=4f$, $r=2.500f$, $\alpha=53°7'30''$	$l=5f$, $r=3.625f$, $\alpha=43°36'10''$	$l=6f$, $r=5f$, $\alpha=36°52'10''$	$l=7f$, $r=6.625f$, $\alpha=31°53'26''$	$l=8f$, $r=8.500f$, $\alpha=28°4'20''$	$l=10f$, $r=13f$, $\alpha=22°37'10''$	$l=16f$, $r=32.5f$, $\alpha=14°15'0''$
1.40	0.15445	0.14691	0.14691	0.14691	0.14691	0.14478	
1.35	0.14717	0.13030	0.12587	0.12587	0.12587	0.12405	
1.34	0.14543	0.12987	0.12171	0.12171	0.12171	0.11999	
1.33	0.14364	0.12781	0.11767	0.11767	0.11767	0.11596	
1.32	0.14173	0.12634	0.11362	0.11362	0.11362	0.11196	
1.31	0.13975	0.12486	0.10959	0.10959	0.10959	0.10800	
1.30	0.13764	0.12331	0.10682	0.10559	0.10559	0.10406	
1.29	0.13543	0.12164	0.10563	0.10163	0.10163	0.10016	
1.28	0.13311	0.11988	0.10437	0.09770	0.09770	0.09628	
1.27	0.13068	0.11803	0.10304	0.09379	0.09379	0.09244	
1.26	0.12815	0.11609	0.10160	0.08992	0.08992	0.08862	
1.25	0.12547	0.11402	0.10009	0.08668	0.08608	0.08483	0.07189
1.24	0.12270	0.11251	0.09850	0.08549	0.08227	0.08108	0.06862
1.23	0.12031	0.10958	0.09679	0.08423	0.07849	0.07735	0.06547
1.22	0.11675	0.10725	0.09499	0.08291	0.07474	0.07366	0.06234
1.21	0.11354	0.10460	0.09305	0.08148	0.07102	0.06999	0.05924
1.20	0.11023	0.10196	0.09102	0.07999	0.06981	0.06636	0.05616
1.19	0.10676	0.09915	0.08885	0.07834	0.06859	0.06275	0.05311
1.18	0.10313	0.09617	0.08653	0.07651	0.06727	0.05918	0.05008
1.17	0.09934	0.09303	0.08408	0.07468	0.06583	0.05212	0.04709
1.16	0.09537	0.08975	0.08144	0.07264	0.06420	0.05004	0.04411
1.15	0.09123	0.08634	0.07866	0.07050	0.06259	0.04904	0.04116
1.14	0.08690	0.08257	0.07568	0.06812	0.06077	0.04803	0.03824
1.13	0.08238	0.07869	0.07251	0.06558	0.05890	0.04671	0.03534

Digitized by Google

Valeur du rapport $\frac{R}{r}$	RAPPORT C DE LA POUSSÉE AU CARRÉ DU RAYON r, POUR						
	$l=4f$ $r=2{,}500f$ $\alpha=53°7'30''$	$l=5f$ $r=3.625f$ $\alpha=43°36'40''$	$l=6f$ $r=5f$ $\alpha=36°52'10''$	$l=7f$ $r=6.625f$ $\alpha=31°53'26''$	$l=8f$ $r=8.500f$ $\alpha=28°4'20''$	$l=10f$ $r=13f$ $\alpha=22°37'10''$	$l=16f$ $r=32.5f$ $\alpha=14°15'0''$
1.12	0.07764	0.07459	0.06911	0.06297	0.05659	0 04451	0.03247
1.11	0.07269	0.07042	0.06548	0.06026	0.05421	0.04384	0.02962
1.10	0.06737	0.06563	0.06158	0.05666	0.05160	0.04214	0.02681
1.09	0.06211	0.06077	0.05739	0.05345	0.04871	0.04023	0.02401
1.08	0.05636	0.05652	0.05288	0.04934	0.04552	0.03806	0.02192
1.07	0.05052	0.05044	0.04804	0.04426	0.04200	0.03560	0.02144
1.06	0.04431	0.04428	0.04280	0.04058	0.03861	0.03276	0.02002
1.05	0.03776	0.03804	0.03709	0.03550	0.03357	0.02944	0.01882
1.04	0.03096	0.03144	0.03095	0.02992	0.02862	0.02561	0.01720
1.03	0.02378	0.02437	0.02424	0.02369	0.02293	0.02131	0.01526
1.02	0.01625	0.01681	0.01690	0.01673	0.01640	0.01546	0.01199
1.01	0.00834	0.00871	0.00886	0.00889	0.00885	0.00862	0.00747

Pour une voûte extradossée parallèlement, dont $\alpha = 28°4'20''$, $l = 8f = 8$ mètres, et $r = 8{,}5f = 8^m{,}5$, la formule de Perronnet donne pour épaisseur de la voûte à la clef :

$$e = 0^m{,}915, \text{ d'où } R = 9^m{,}415, \text{ et } \frac{R}{r} = 1{,}107.$$

Le rapport 1.107 tombant entre les valeurs 1.10 et 1.11 du tableau, la différence de la valeur de C correspondant à 1.107 et de la valeur correspondant à 1.11 se détermine à l'aide de la proportion :

$1{,}11 - 1{,}10 : 0{,}05421 - 0{,}05160 :: 1{,}11 - 1{,}107 : x$, d'où $x = 0.000\,783$, et par suite $C = 0.054\,21 - 0.000\,783 = 0.053\,43$.

L'épaisseur-limite des pieds-droits est alors

$$E = 8{,}5\sqrt{3{,}8 \times 0{,}05343} = 3^m{,}825.$$

Pour une hauteur de pieds-droits de $4^m{,}25$, on pourrait faire $E = 3^m{,}244$.

Glissement des voûtes en arc de cercle sur les joints de leurs naissances. Le frottement par mètre courant de la voûte sur le joint de chaque naissance a pour expression, en adoptant ici 0.76 pour coefficient de frottement,

$$0{,}38\alpha\left(\frac{R^2}{r^2} - 1\right) r^2 \times 2250 \text{ kilogr.}$$

α est le demi-arc, exprimé en mètres, correspondant à l'angle au centre qui correspond à l'arc de la voûte, l'arc α étant décrit avec un mètre pour rayon : ainsi pour un angle au centre de 25°, on a $\alpha = \frac{25 \times 2 \times 3.14}{360} = 0^m{,}436$.

La poussée horizontale par mètre courant est, en adoptant pour C la valeur consignée au tableau précédent :

$$Cr^2 \times 2250 \text{ kilogr.}$$

Pour le système $l = 4f$, la poussée surpasse le frottement quand $\frac{R}{r}$ est égal ou inférieur à 1.06. Pour les systèmes $l = 5f$, $l = 6f$, $l = 7f$, $l = 8f$ et $l = 10f$, le glissement commence à $\frac{R}{r} = 1{,}15$. Pour le système $l = 16f$ et pour tous les systèmes plus surbaissés, le glissement a lieu, quelle que soit l'épaisseur de la voûte.

Lorsque la poussée dépasse le frottement, il faut employer des tirants, arcs-boutants, etc., capables de résister à l'excès de la poussée sur le frottement.

Pour les voûtes en anse de panier, on calculera l'épaisseur à donner aux pieds-droits, comme pour une voûte en arc de cercle de même ouverture et de même flèche.

THÉORIE DE M. YVON VILLARCEAU.

Après avoir passé en revue les divers moyens principaux mis en usage jusqu'à ce jour pour déterminer les dimensions des voûtes, il nous reste à donner une idée de la nouvelle théorie de M. Yvon Villarceau, et à exposer les méthodes pratiques, tant graphiques que par le calcul, que ce savant a conclues de sa théorie pour déterminer les formes et les dimensions à donner à des voûtes devant satisfaire à des conditions voulues.

Ce qui suit est extrait d'un travail publié par M. Yvon Villarceau dans la *Revue de l'architecture et des travaux publics*, publiée sous la direction de M. César Daly, et de mémoires ayant reçu l'approbation la plus flatteuse de la part de l'Académie des Sciences.

Comme le fait voir ce qui a déjà été exposé dans cet article, avant M. Yvon Villarceau, les ingénieurs et les architectes qui s'étaient occupés de la théorie si délicate des voûtes, supposant connues les formes de l'intrados et de l'extrados, avaient cherché les conditions d'équilibre que ces formes exigeaient, afin d'en conclure le mode de répartition des charges le plus favorable à la stabilité. La pratique exigeant une répartition de charges assez rigoureusement déterminée, on conçoit les difficultés que l'on doit éprouver pour satisfaire le plus convenablement possible aux conditions de stabilité d'une voûte ; aussi ces conditions étaient-elles rarement satisfaites d'une manière rigoureuse, même en ayant égard aux latitudes que permet la pratique.

M. Yvon Villarceau, pour arriver à satisfaire d'une manière certaine, et la plus convenable, aux conditions d'équilibre, envisage la question sous un point de vue tout différent : ainsi, prenant précisément pour inconnues les données de la théorie habituelle, il se propose de rechercher les formes d'intrados et d'extrados qui assureront la plus grande stabilité d'une voûte destinée à supporter des charges dont les intensités et le mode de répartition sont fixés d'avance par les exigences de la pratique ; et cela, tout en fixant, *à priori*, la flèche et l'ouverture de l'arche. C'est ainsi que le problème se présente ordinairement dans la pratique.

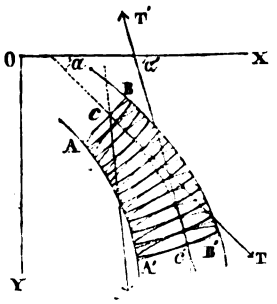
Pour établir ses conditions d'équilibre, M. Yvon Villarceau fait deux hypothèses :

D'abord, il imagine que, sans altérer en rien le poids des voussoirs et la position de leurs centres de gravité (cette position suppose les voussoirs infiniment minces et les plans de joints normaux à la courbe cc' passant par les centres de gravité de ces voussoirs), on leur donne la forme indiquée par la fig. 2562, c'est-à-dire

Digitized by Google

qu'on les taille de telle manière qu'ils ne soient en contact que suivant les arêtes ou génératrices qui ont leurs pieds sur la courbe cc' des centres de gravité des voussoirs.

Ensuite il fait abstraction des frottements et de la résistance qu'oppose l'adhésion des mortiers au glissement des voussoirs les uns sur les autres, qui du reste ne se développent pas en se conformant aux dispositions indiquées par la théorie.



2562.

Il est évident que si l'équilibre peut exister dans un système établi suivant ces hypothèses, il existera *à fortiori* lorsque l'on remplacera le contact de deux arêtes par celui de deux plans de joint, et que l'adhésion des mortiers ainsi que le frottement pourront prendre naissance, le rôle de ces dernières forces étant de s'opposer au glissement, quand il tend à se produire.

Seulement, il faut remarquer que la pression T, qui se répartirait également sur tous les points du plan de joint, dans le cas où elle passerait par le centre de gravité de ce joint, ne se partagera pas également entre tous ses points, à cause que les centres de gravité des faces des voussoirs ne se trouvent pas sur la courbe cc', mais se projettent sur les points milieux de l'épaisseur de la voûte. Les centres de gravité des volumes des voussoirs se projetant plus près de l'extrados que ceux des faces de joint, on voit que lorsqu'on remplacera les arêtes de contact par les faces de joint, la pression par unité de surface sera plus grande vers l'extrados que vers l'intrados. Mais les distances des points de la courbe cc' aux points milieux des épaisseurs qui leur correspondent étant très petites, on peut généralement ne pas tenir compte de cette inégale répartition des pressions; la pression maximum ne différera que très peu de la pression moyenne. D'ailleurs il suffira, pour faire disparaître cette inégalité, de *refouiller* le joint à l'intrados, à une profondeur très petite, et telle que la courbe des centres de gravité cc' passe par le milieu du joint réel; en pratique, cette précaution est négligeable.

Il y a un grand avantage à ce que la résultante des pressions passe très près du milieu de l'épaisseur, et soit en même temps normale au plan de joint; car si la voûte est soumise accidentellement à des charges auxquelles on n'aura point eu égard en fixant les conditions de son établissement, l'action de celles-ci sera, tant que l'équilibre pourra subsister, de déplacer le point d'application de la résultante des pressions, en faisant varier son intensité et sa direction. Or, pour que cette résultante puisse se déplacer dans un sens ou dans l'autre, sans trop se rapprocher de l'extrados ou de l'intrados, ni trop s'écarter de la direction de la normale, il est évident qu'elle doit passer par le milieu de l'épaisseur et être normale au joint lorsque les surcharges dont il s'agit n'ont pas lieu, c'est-à-dire, lorsque la voûte est seulement soumise à l'action des forces qu'on a fait entrer dans le calcul de son établissement.

Cela posé, considérons l'équilibre d'une portion quelconque cc' de voussoirs du système de la fig. 2562, soient x, y, et x', y', les coordonnées de c et c'.

Les forces extérieures à ce système sont :

T, pression agissant en c.

T', pression agissant en c'.

dP, les poids des voussoirs.

Fds, les autres forces extérieures qui agissent sur les divers points du système et passant par les centres de gravité des voussoirs.

Ces diverses forces étant dans un même plan, trois des six conditions d'équilibre d'un système solide sont satisfaites, et il ne reste qu'à appliquer les trois autres.

Deux de ces équations expriment que la somme des projections des forces extérieures sur chacun des axes X, Y est nulle.

La troisième exprime que la somme des moments de ces forces ou de leurs composantes, par rapport à un troisième axe perpendiculaire aux deux premiers, est également nulle.

L'indice x ou y employé dans les formules suivantes indique, par exemple, que F_x est la projection de la force F sur l'axe des x, et F_y celle de F sur l'axe des y.

En égalant à zéro la somme des projections des forces extérieures sur l'axe des x, et observant que celle de la somme des poids dP est nulle, il vient

$$T\cos.\alpha - T'\cos.\alpha' + \int_x^{x'} F_x\,ds = 0. \qquad (1)$$

En projetant ces forces sur l'axe des y, et égalant la somme des projections à zéro, on obtient

$$T\sin.\alpha - T'\sin.\alpha' + \int_x^{x'} F_y\,ds + \int_x^{x'} dP = 0. \quad (2)$$

En faisant la somme des moments par rapport à un axe perpendiculaire au plan des x y, et passant par l'origine O, puis l'égalant à zéro, on obtient cette dernière condition

$$x\,T\sin.\alpha - x'\,T'\sin.\alpha' - (y\,T\cos.\alpha - y'\,T'\cos.\alpha')$$
$$+\int_x^{x'} x F_y\,ds - \int_x^{x'} y F_x\,ds - \int_x^{x'} x\,dP = 0. \quad (3)$$

Or, remarquons que ces équations devant avoir lieu pour un intervalle quelconque cc', compté sur la courbe des centres de gravité, auront encore lieu lorsque cet intervalle sera infiniment petit et égal à ds. Dans ce cas x' deviendra $x + dx$, et les quantités α' et T', qui sont des fonctions de x', deviendront $\alpha + d\alpha$, et $T + dT$, de telle sorte que l'on aura

$$T'\cos.\alpha' - T\cos.\alpha = (T + dT)\cos.(\alpha + d\alpha) - T\cos.\alpha$$
$$= d(T\cos.\alpha),$$

et de même

$$T'\sin.\alpha' - T\sin.\alpha = d(T\sin.\alpha),$$

tandis que les intégrales contenues dans ces mêmes équations se réduiront à un de leurs éléments. En supposant donc l'intervalle cc' infiniment petit, et ayant égard aux remarques précédentes, les équations d'équilibre (1) et (2) deviennent :

$$d(T\cos.\alpha) = F_x\,ds \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$
$$d(T\sin.\alpha) = F_y\,ds. + dP \quad . \quad (5)$$

Quant à l'équation (3), elle prend une forme telle qu'il est facile de voir qu'elle est une conséquence des équations (4) et (5).

Ces deux dernières équations étant applicables à un élément quelconque de la voûte, expriment donc les conditions nécessaires et suffisantes pour assurer l'équilibre du système.

Appelant :

ε, l'épaisseur AB de la voûte au point dont les coordonnés sont x et y (fig. 2562);

t, la pression moyenne sur la face AB, lorsque les surfaces de contact sont rétablies; d'après la remarque col. 3839, la pression maximum par unité superficielle différera peu de t dans le joint AB, et nous aurons $T = \lambda\varepsilon t$;

λ, dimension du joint, parallèlement à l'axe de la voûte;

Digitized by Google

ω, le poids de l'unité de volume des matériaux dont est construite la voûte;

j, la largeur du voussoir, mesurée suivant la courbe passant par les milieux des épaisseurs des voussoirs, et différant très peu de la largeur mesurée suivant la courbe cc' des centres de gravité;

ρ, le rayon de courbure de cc';

δ, la distance de la courbe cc' au milieu de l'épaisseur de la voûte;

2δ, la profondeur du refouillement des joints;

s, la longueur de la courbe cc', et ds celle de son élément;

$$\mu = \frac{t}{\omega}.$$

On a :

$$T = \lambda \varepsilon t$$

$$T\cos.\alpha = \lambda \varepsilon t \frac{dx}{ds}$$

$$T\sin.\alpha = \lambda \varepsilon t \frac{dy}{ds}$$

$$dP = \omega \lambda \varepsilon j = \omega \lambda \varepsilon ds \left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

d'où il résulte, pour équations d'équilibre, en substituant ces valeurs dans les équations (4) et (5), et divisant tout par λ :

$$\left.\begin{aligned} d\left(\varepsilon t \frac{dx}{ds}\right) &= \frac{F_x\, ds}{\lambda} \\ d\left(\varepsilon t \frac{dy}{ds}\right) &= \frac{F_y\, ds}{\lambda} + \omega \varepsilon \left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right) ds \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

On a aussi :

$$1 - \frac{\delta}{\rho} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{1}{3}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}} \quad . \quad . \quad (8)$$

d'où : $$\frac{\varepsilon}{\rho} = \sqrt{12\frac{\delta}{\rho}\left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (8\,bis)$$

et : $$\frac{\delta}{\rho} = \frac{\frac{1}{12}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1 - \frac{1}{3}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2}}} \quad . \quad (9)$$

formule de laquelle on tire, pour valeur approchée aux quantités près du 4e ordre,

$$\frac{\delta}{\rho} = \frac{1}{12}\frac{\varepsilon^2}{\rho^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9\,bis)$$

ce qui confirme ce qui a été avancé sur la petitesse de la distance de cc' au milieu de l'épaisseur de la voûte.

Les équations (7) servent de base à la discussion des diverses questions que peut présenter la théorie des voûtes.

Questions à résoudre.

Les équations (7) contiennent, outre la variable x, que l'on peut prendre pour variable indépendante, les variables y, ε, t, F_x, F_y, qui sont des fonctions connues ou inconnues de x. Or, ces cinq quantités ne sont liées entre elles que par deux équations : on peut donc en donner arbitrairement trois d'entre elles, et les équations serviront à faire connaître les deux autres. Toutefois, on observe que les deux variables F_x et F_y, n'équivalent qu'à une seule, la force F, qu'on ne peut assigner sans fixer à la fois son intensité et sa direction, c'est-à-dire sans fixer à la fois ses deux composantes F_x F_y.

On réduit donc à 4 le nombre des fonctions de x que contiennent les équations (7). Ces quantités y, ε, t, F, peuvent former entre elles $\frac{4(4-1)}{1.2} = 6$ combinaisons deux à deux, d'où il résulte que l'on pourra se donner deux de ces quantités de six manières différentes, et que les équations (7) fourniront les deux autres.

On voit qu'on pourra résoudre, à l'aide des équations (7), six séries de questions qu'on peut écrire analytiquement, étant donnés :

t et F, ε et F, y et F, y et ε, y et t, ε et t.

Trouver respectivement :

y et ε, y et t, ε et t, t et F, ε et F, y et F.

Il est à remarquer que les trois premières questions sont déterminées, parce qu'on suppose F donnée d'intensité et de direction en fonction de x, et qu'il reste à déterminer, dans chaque cas, deux inconnues au moyen de deux équations.

Les trois derniers problèmes sont indéterminés, sous la forme donnée ici à leur énoncé, parce que la force F représente deux inconnues : F_x, F_y, et qu'il y aurait à déterminer les valeurs de trois inconnues au moyen de deux équations; on devra donc, en outre, se donner la direction de F, ou l'une de ses composantes, dans chacun de ces trois derniers cas.

M. Yvon Villarceau fait remarquer que les données que l'on voudra choisir dans le tableau précédent pouvant être établies d'une manière quelconque en fonction de x, on conçoit que chacun des six cas présentés peut lui-même donner lieu à une infinité de questions.

Première série de questions.

Étant données t et F, trouver y et ε.

Comme il convient en pratique que la pression par unité de surface soit constante et égale à la pression maximum qu'il convient de faire supporter à la pierre, toutes les fois que l'on pourra prendre t arbitrairement, on le choisira de manière à satisfaire à ces conditions.

Quant à la valeur de F, elle dépend des questions qu'on se propose de résoudre.

Par exemple on peut supposer $F = 0$, ce qui revient à dire que la voûte que l'on considère ne sera soumise qu'à l'action de son propre poids, ou qu'elle n'aura d'autre objet que de recouvrir un espace déterminé.

Dans les ponts, la valeur de F peut être donnée, du moins hypothétiquement.

Si la voûte était recouverte d'eau, la valeur de F serait celle de la pression normale, proportionnelle à la profondeur de la partie considérée de l'extrados au-dessous de la surface.

Premier problème.

Etant données, t constante, et $F = 0$, trouver y et ε, c'est-à-dire, déterminer la forme d'un arc de voûte chargée ou pressée seulement à ses extrémités, devant recouvrir un espace donné, et dans lequel la pression par unité de surface, au contact de chacun des plans normaux, soit constante.

Faisant t constante et $F = 0$, les équations (7) fournissent par quelques transformations :

$$\frac{y}{\mu'} = -\log.\cos.\frac{x}{\mu'} \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

$$\varepsilon = \frac{c}{\cos.\frac{x}{\mu'}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

c, épaisseur au point le plus élevé de la voûte, c'est-à-dire, au point où la tangente à la courbe passant par les centres de gravité des voussoirs est horizontale.

$$\mu' = \frac{\mu}{1 - \frac{\delta}{\rho}} = \mu\left(1 + \frac{1}{12}\frac{c^2}{\mu^2}\right)$$

$\mu = \frac{t}{\omega}$ longueur égale à la hauteur d'une colonne de

Digitized by Google

la matière employée, dont le poids produirait la pression t sur une base horizontale. L'introduction de μ à la place de t a l'avantage de réduire les équations à ne plus contenir que des lignes et des nombres abstraits, ce qui permet de reconnaître facilement leur homogénéité. Du reste, on ne fait qu'imiter ici ce qui s'est toujours pratiqué dans la mécanique des fluides, où la pression par unité de surface est remplacée par une hauteur.

Dans la formule (10) la valeur de y est donnée dans l'hypothèse que l'origine des axes est au sommet de la courbe des centres de gravité et que l'axe des x est tangent à cette courbe.

La formule (8 *bis*) devient :

$$\frac{s}{\rho} = \frac{c}{\mu'} = \frac{c}{\mu}\left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right) = \frac{c}{\mu}\,\frac{1}{1 + \frac{1}{12}\frac{c}{\mu^2}} \quad (12)$$

et celle (9) :

$$\frac{\delta}{\rho} = \frac{1}{12}\frac{c^2}{\mu^2}\,\frac{1}{1 + \frac{1}{12}\frac{c^2}{\mu}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

c et μ étant des quantités constantes, on voit que les rapports $\frac{\delta}{\rho}$ et $\frac{s}{\rho}$ sont aussi constants.

On a

$$\rho = \frac{\mu'}{\cos.\frac{x}{\mu'}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

formule qui fait voir que pour $x = 0$, c'est-à-dire pour le sommet de la voûte

$$\rho = \mu' = \frac{t}{\omega} + \frac{1}{12}c^2\frac{\omega}{t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14\ bis)$$

Cette dernière valeur montre que le rayon de courbure au sommet ne dépend que de la nature des matériaux et un peu de l'épaisseur de la voûte au sommet.

Remplaçant ρ par sa valeur dans la formule (13), on en conclut

$$\delta = \frac{1}{12}\frac{c^2}{\mu}\,\frac{1}{\cos.\frac{x}{\mu'}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Le poids d'une partie de la voûte comprise entre le sommet et un plan normal correspondant à l'abcisse x, est, par unité de longueur mesurée parallèlement à l'axe de la voûte,

$$\frac{P}{\lambda} = tc\ \text{tang.}\frac{x}{\mu'} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

La longueur d'un arc de la courbe, comptée du sommet, est

$$s = \mu'\ \text{log. tang.}\left(\frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\frac{x}{\mu'}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Remarques sur la courbe représentée par l'équation (10).

$$\frac{y}{\mu'} = -\ \text{log. cos.}\frac{x}{\mu'}$$

Cette équation ne contenant que le seul paramètre

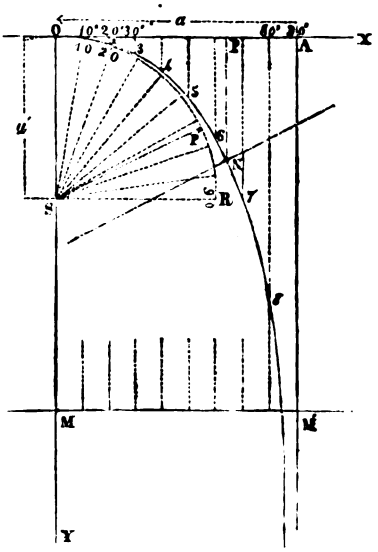
$$\mu' = \frac{t}{\omega} + \frac{1}{12}c^2\frac{\omega}{t} \quad . \quad . \quad . \quad (14\ bis)$$

qui n'est autre chose que le rayon de courbure au sommet, il en résulte que toutes les courbes construites avec cette équation et des valeurs diverses de ce paramètre, sont, comme les diverses paraboles du second degré, des courbes semblables.

Cette remarque est importante, parce que l'on pourra construire une fois pour toutes la courbe dont il s'agit, sur une échelle quelconque, et à l'aide de cette épure, résoudre graphiquement un certain nombre de problèmes, ainsi qu'on le verra plus bas.

La courbe est symétrique par rapport à l'axe des y, puisque deux valeurs égales et de signes contraires de x donnent la même valeur de y.

L'ordonnée croît d'une manière continue de $\frac{x}{\mu'} = 0$ à $\frac{x}{\mu'} = \frac{\pi}{2}$: elle devient infinie pour cette dernière valeur; donc la courbe a une asymptote parallèle à l'axe des y, située à la distance $\frac{\pi}{2}\mu'$ du côté des x positives. Il en est de même du côté des x négatives. La figure 2563 représente la moitié de cette courbe avec son asymptote.



2563.

Tracé de la courbe et des normales.

S'il s'agit de calculer les ordonnées de la courbe, équation (10), pour une valeur donnée de μ', on observe d'abord que le log. qui entre dans cette équation est un log. *hyperbolique* ou *népérien*. Or, on sait qu'un log. de cette espèce s'obtient en divisant le log. *vulgaire* par le module

$$\nu = 0,434\ 29\ 448....$$

Si donc on désigne par l. cos le log ordinaire d'un cosinus, et si on remarque que ce log. est toujours trop fort de 10 unités, on aura pour l'équation transformée

$$\frac{\frac{y}{\mu'}}{\nu} = 10 - \text{l. cos.}\frac{x}{\mu'} \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Ici l'angle $\frac{x}{\mu'}$, étant exprimé en *rapport d'arc au rayon*, pour trouver le l. cos. dans les tables, il reste à exprimer $\frac{x}{\mu'}$ en degrés, ce qui se fait en écrivant

$$\text{l. cos.}\left(\frac{x}{\mu'}\,\frac{180°}{\pi}\right)$$

Pour éviter cette transformation, on opérera comme il suit :

Digitized by Google

On calculera d'abord la distance du sommet O à l'asymptote ; si on désigne cette distance par a, elle sera donnée par la formule :

$$\frac{a}{\mu'} = \frac{\pi}{2}, \text{ d'où } a = \mu' \frac{\pi}{2} \quad . \quad . \quad (19)$$

Cette distance a représente un intervalle de 90° ; on le divisera donc en un nombre entier de parties égales, comme, par exemple, 9 ou 18, etc. ; ces parties correspondront alors à des intervalles de 10° ou 5°. On retranchera ensuite de 10, les l. cos. des angles correspondant à chaque point de division ; et multipliant les différences obtenues par la valeur de $\frac{\mu'}{\nu}$, on aura les ordonnées qui répondent aux abcisses marquées par les points de division. La position S du centre de courbure au sommet s'obtiendra en portant la distance μ' de O vers Y.

S'il s'agit simplement de tracer l'épure d'une des courbes semblables dont il a été parlé colonne 3843, la grandeur de μ' étant indifférente, on posera $\frac{\mu'}{\nu} = 1$, ce qui réduira la valeur de y, équation (18), à

$$y = 10 - \text{l. cos. } \frac{x}{\nu}.$$

Dans ce cas, la valeur de a sera, d'après (19), égale à $\frac{\pi}{2}\nu$; en effectuant le calcul, on trouve

$$a = 0{,}65\,178\,76\ldots$$

Après avoir porté, fig. 2563, la longueur représentée par ce nombre, à partir de l'origine sur l'axe des x, et l'avoir divisée en parties égales, comme ci-dessus, on écrira les nombres de degrés correspondants. La valeur de l'ordonnée s'exprimera par 10, moins le l. cos. *de ce nombre de degrés* ; on pourra éviter de faire la soustraction, en traçant une droite MM' parallèle à l'axe de x, à la distance OM = 1, et portant, à partir de cette droite vers l'origine, la partie décimale de l. cos., lorsque la caractéristique sera 9. Si elle était 8, on ferait la même opération, en comptant les distances à partir d'une droite située à la distance 2, et ainsi de suite.

On fixera la position du centre de courbure du sommet en portant, dans ce cas-ci, la valeur

$$\nu = 0.43429\,448\ldots \text{ de 0 vers Y.}$$

Pour les nombres de degrés :				Les valeurs des log. cos. données pour les tables sont :
0	—	—	—	10
10	—	—	—	9,99335
20	—	—	—	9,97299
30	—	—	—	9,93753
40	—	—	—	9,88425
50	—	—	—	9,80807
60	—	—	—	9,69897
70	—	—	—	9,53405
80	—	—	—	9,23967
90	—	—	—	infini.

Normales à la courbe.

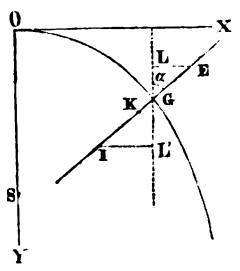
Pour tracer les normales à la courbe, on décrit de part et d'autre de l'axe des y, un quart de cercle, du point S comme centre et avec μ' pour rayon ; la longueur du quart de circonférence OR est égale à $\frac{\pi}{2}\mu'$ ou à la droite OA = a.

On divise en outre ce quart de circonférence de la même manière que l'on a divisé OA, et on mène les rayons aux points de division. La droite divisée OA pourra être considérée comme le développement de l'arc divisé OR.

Cela posé, pour mener la normale en un point N de la courbe, on mesure sur l'arc OR, une longueur OP' égale à l'abcisse OP du point N, et la droite menée par le point N, parallèlement à P'S est la normale ; et on a angle

$$\text{OSP'} = \alpha = \frac{x}{\mu'},$$

valeur de l'angle que fait la normale avec la verticale.



2564.

Construction des courbes intrados et extrados.

Soit, fig. 2564, une normale IE menée par le point G de la courbe. Les points I et E appartenant à l'intrados et à l'extrados. On a :

$$\left.\begin{aligned} \text{GE} = \frac{1}{2}\varepsilon - \delta &= \frac{\frac{1}{2}c\left(1 - \frac{1}{6}\frac{c}{\mu}\right)}{\cos.\frac{x}{\mu'}} \\ \text{GI} = \frac{1}{2}\varepsilon + \delta &= \frac{\frac{1}{2}c\left(1 + \frac{1}{6}\frac{c}{\mu}\right)}{\cos.\frac{x}{\mu}} \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

Ou en représentant les numérateurs respectivement par η et η_1. (21).

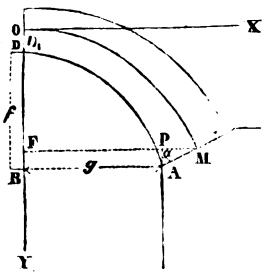
$$\text{GE} = \frac{\eta}{\cos.\alpha}, \ \text{GI} = \frac{\eta_1}{\cos.\alpha} \text{ et } \varepsilon = \frac{c}{\cos.\alpha}.$$

Pour construire ces quantités, on mène l'ordonnée du point G, on prend GL = η et GL' = η_1 ; les parallèles à l'axe de x, menées par L et L', rencontrent la normale aux points I et E appartenant l'un à l'intrados et l'autre à l'extrados.

Application.

Établissement d'une voûte non chargée devant recouvrir un espace d'une ouverture donnée.

S'il fallait en toute rigueur résoudre cette question, on procéderait de la manière suivante :



2565.

Soient g (fig. 2565) la demi-ouverture de la voûte ;

f, la flèche inconnue BD ;

c, l'épaisseur donnée de la voûte au sommet.

On calculerait d'abord la distance OD = η^1 valeur (21), puis on exprimerait que la courbe doit passer par le point M, en mettant les coordonnées de ce point dans l'équation (10).

Pour calculer ces coordonnées, on mène par le point M une parallèle à l'axe des x ; puis, observant que les projections verticales GL' (fig. 2564) des distances de la *courbe des centres de gravité à l'intrados*, sont constantes et égales à η, on en conclut AP = η_1 ou BF = η_1 = OD ; de là résulte pour la valeur de l'ordonnée de M :

$$y = \text{OF} = \text{BD} = f.$$

D'un autre côté on a :

$$x = \text{FM} = g + \text{PM},$$

Digitized by Google

et à cause de P A M = α ;

$$x = g + \text{A P tang. } \alpha = g + \eta_1 \text{ tang. } \alpha,$$

ou, en appelant $e = 2{,}718281828....$ la base des log. *népériens*,

$$x = g + \eta_1 \sqrt{\frac{2y}{\mu'}} \qquad e - 1 \qquad \ldots\ldots \quad (22)$$

Mettant dans l'équation (10) cette valeur de x, il vient pour la valeur de y ou f,

$$\frac{f}{\mu'} = -\log.\cos.\left(\frac{g + \eta_1 \sqrt{\frac{2f}{\mu'}}}{\mu'} \qquad e - 1 \right) \quad \ldots \quad (23)$$

Telle est l'équation qu'il faudrait résoudre par rapport à f. On voit qu'il est impossible de le faire autrement que par tâtonnement, à cause de la présence de f comme exposant sous le radical ; mais le terme en η_1 peut être négligé dans la première approximation, et si l'on substitue la valeur trouvée pour f dans l'exponentielle, la deuxième valeur approchée sera toujours assez exacte.

On peut remarquer que la valeur de g peut rendre le cos. négatif, d'où résulterait une valeur imaginaire de f. Il serait impossible, en effet (fig. 2563), de recouvrir un espace dont la demi-largeur excéderait $\mu' \frac{\pi}{2} = a$, en employant la courbe, et n'ayant pas égard aux épaisseurs.

Si on donnait à la fois la demi-ouverture g et la flèche f, l'équation (23) pourrait s'écrire :

$$\frac{f}{\mu'} + \log.\cos.\left(\frac{g + \frac{1}{2} c \left(1 + \frac{1}{6\mu'}\right) \sqrt{\frac{2f}{\mu'}}}{\mu'} \qquad e - 1 \right) = 0. \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

De laquelle on tirerait par tâtonnement la valeur de μ' ; on aurait ensuite

$$\mu = \mu' \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - \frac{1}{3\mu'^2}} \right) ;$$

puis $t = \omega\mu$. On connaîtrait ainsi la valeur de la pression par unité de surface, qui aurait lieu dans toute l'étendue de la voûte ; et si elle se trouvait inférieure à la résistance de la matière employée, on pourrait établir la construction, au moyen de la valeur trouvée de μ', en procédant comme il a été indiqué plus haut.

Résolution graphique des questions précédentes, au moyen de l'épure de la figure 2563.

On supposera, pour plus de simplicité, que la grandeur de la demi-ouverture, et celle de la flèche (si celle-ci est donnée) ne sont pas fixées d'une manière si absolue, qu'on ne puisse diminuer l'une et l'autre d'une fraction de la demi-épaisseur de la voûte.

Si la demi-ouverture est donnée, et si l'on se donne également le poids et la résistance de la pierre, μ' sera connu par sa valeur (14 bis), tandis que l'épaisseur c, au sommet, restera arbitraire.

Construisons une échelle telle que la valeur trouvée du μ' soit représentée par O S de notre épure ; mesurons à cette même échelle une longueur égale à la demi-ouverture g donnée, augmentée de la demi-épaisseur de la voûte ou environ, et menons une parallèle à l'axe des y, à cette distance ; elle rencontrera la courbe en un certain point, et l'ordonnée de ce point sera la flèche de la voûte, augmentée d'environ sa demi-épaisseur.

On aura ainsi la portion de courbe qu'on devra employer.

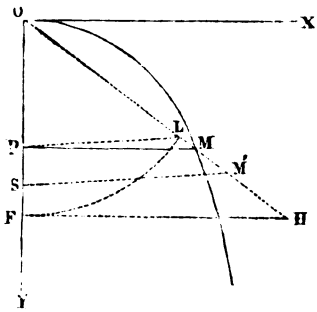
Au moyen de l'épaisseur donnée, on pourrait construire l'intrados sur l'épure, et la parallèle à l'axe des y déterminerait, par son intersection avec l'intrados, la portion de courbe qu'on aurait à appliquer.

Cette solution exacte nécessite la construction de l'intrados, tandis que la précédente, qui n'est qu'approchée, ne nécessite que la construction d'une ligne droite.

Dans l'un et l'autre cas, les dimensions trouvées doivent être mesurées à l'échelle qui donne O S = μ'.

Étant données f et g, trouver approximativement μ' par un tracé.

On reproduit (fig. 2566) l'épure de la fig. 2563.



2566.

On prend, parallèlement à O Y et O X, deux longueurs O F, F H, proportionnelles à f et g, puis on joint O H.

Par le point de rencontre M avec la courbe, on mène, parallèlement à O X, la droite M P, qui représente la demi-ouverture g, tandis que O P représente la flèche f. En effet, on a la proportion

$$\frac{\text{M P}}{\text{O P}} = \frac{\text{F H}}{\text{O F}} = \frac{g}{f}.$$

Or, dans tous les cas, O S représente μ' ; on aura donc

$$\frac{\mu'}{\text{O S}} = \frac{f}{\text{O P}} = \frac{g}{\text{M P}} ;$$

d'où,

$$\mu' = f \frac{\text{O S}}{\text{O P}} = g \frac{\text{O S}}{\text{M P}}.$$

Si on veut mesurer μ' à l'échelle qui donne O F = f, F H = g, on prend sur O H, O L = O F, et on joint P et L ; puis, menant par S une parallèle S M' à P L, on aura

$$\frac{\text{O S}}{\text{O P}} = \frac{\text{O M'}}{\text{O L}} = \frac{\text{O M'}}{\text{O F}} = \frac{\text{O M'}}{f}.$$

Donc, à cause des équations précédentes, μ' = O M' ; μ' est ainsi mesuré à la même échelle que f, lorsqu'on fait O F = f.

On n'a donc, pour cette solution, qu'un très petit nombre de lignes à tracer. On discutera, comme plus haut, la possibilité d'appliquer cette valeur de μ' ; et si on en veut avoir une valeur plus approchée, il faudra avoir égard à l'épaisseur de la voûte ou tracer la courbe d'*intrados* au moyen de l'épaisseur de la voûte à la clef, supposée donnée, en opérant à l'échelle qui donne O P = f et P M = g.

On recommencera alors le tracé, et on déterminera le point M, en mesurant f à partir de l'*intrados*, et prenant ce point M sur l'*intrados*, on tirera de là la valeur du μ', qui convient à la construction.

Poussée horizontale.

Les pressions sur les pieds-droits, aux naissances des arcs de voûtes, ont pour valeur $\lambda s t$, en général ; or,

Digitized by Google

t et λ sont constantes, ε est l'épaisseur aux naissances; il résulte de sa valeur (11), que la poussée horizontale T cos. α, a pour expression simple dans toute l'étendue d'un même arc de voûte $\lambda t c$.

Voûtes chargées.

Les questions qui précèdent ont été traitées sans qu'on s'écarte en rien de l'exactitude mathématique, et aussi sans apporter dans les calculs une complication sensiblement plus grande que si on ne s'était pas astreint à toute cette rigueur. Dans ce qui suit on sera obligé de s'en départir, tant à cause des difficultés que présentent les intégrations, qu'à cause de l'indétermination des problèmes que présente la question des voûtes de ponts ou arches. On considère comme suffisamment exacts, les résultats analytiques auxquels on parvient, en négligeant de certains termes très petits, tels que $\frac{\delta}{\rho}$ dans les équations, lorsqu'on a reconnu que la plus grande valeur de ces termes déduite des résultats, conserve effectivement le degré de petitesse qu'on leur avait supposé.

Les formules qui précèdent ne peuvent s'appliquer que dans le cas particulier suivant, qui doit, en outre, être réalisé pour obtenir la plus grande stabilité possible. C'est que, indépendamment du poids des voussoirs, les forces $F ds$ agissent normalement à la courbe des centres de gravité des voussoirs. Cette circonstance ne peut se réaliser d'après la manière ordinaire d'appareiller en redants l'extrados de la voûte. On s'en rapprocherait autant qu'il est possible en appareillant l'extrados suivant une courbe continue; et ces circonstances seront entièrement réalisées si la voûte est chargée d'un liquide.

Dans ce cas particulier, aux formules (4) et (5), on substitue les deux combinaisons suivantes, qu'on obtiendrait, du reste, en projetant les forces qui sollicitent le voussoir élémentaire sur deux axes, l'un tangent, et l'autre normal à la courbe des centres de gravité au point (x, y) :

$$\left.\begin{aligned} d\,\mathrm{T} &= \sin.\ \alpha\, d\,\mathrm{P}. \quad . \quad . \quad . \\ \mathrm{T}\, d\alpha &= \cos.\ \alpha\, d\,\mathrm{P} + \mathrm{N}\lambda\, ds. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (25)$$

d'où,

$$\left.\begin{aligned} d.\varepsilon t &= \omega\,\varepsilon\left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right)\sin.\ \alpha\, ds. \quad . \quad . \\ \varepsilon t\, d\alpha &= \omega\,\varepsilon\left(1 - \frac{\delta}{\rho}\right)\cos.\ \alpha\, ds + \mathrm{N}\, ds. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (26)$$

N force normale, par unité de surface, qui agit sur l'élément superficiel dont ds est la base, et λ la longueur; telle que l'on ait

$$\mathrm{F}\, ds = \mathrm{N}\lambda\, ds, \text{ ou } \frac{\mathrm{F}}{\lambda} = \mathrm{N}.$$

Lorsqu'on est fondé à regarder comme négligeables les poids dP des voussoirs, par rapport aux autres forces qui les sollicitent, ce qui serait sensiblement vrai, par exemple, dans un système formé d'arcs de fer, de fonte ou de bois, soumis à des charges considérables, les équations (25) se réduisent à :

$$d\,\mathrm{T} = 0, \quad \mathrm{T}\, d\alpha = \lambda\,\mathrm{N}\, ds.$$

La première de ces équations s'intègre immédiatement; soit $Q\lambda$ la constante, et si on observe que l'expression du rayon de courbure est $\rho = \frac{ds}{d\alpha}$, on aura :

$$\mathrm{T} = \mathrm{Q}\lambda, \quad \mathrm{Q} = \mathrm{N}\rho. \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

Ce qui fait voir que dans cette hypothèse, la pression tangentielle totale T est constante, et le rayon de courbure en raison inverse de la pression normale N; cette dernière remarque facilitera considérablement la construction de la courbe. En se reportant à la valeur du T, on peut écrire :

$$\varepsilon t = \mathrm{Q}. \quad . \quad . \quad . \quad (28)$$

D'où il résulte que si l'on fait constante la pression t par unité de surface, l'épaisseur ε sera également constante.

Application des formules précédentes, à l'équilibre d'une voûte soumise, soit intérieurement, soit extérieurement, à la pression d'un liquide, et dans laquelle on néglige le poids des voussoirs par rapport à cette pression.

Supposant que la masse liquide presse extérieurement la voûte, et prenant pour axe des x, une droite horizontale parallèle aux plans de tête, située dans le plan du niveau supérieur, la pression normale N aura pour expression.

$$\mathrm{N} = \omega_1 y. \quad . \quad . \quad . \quad (29)$$

ω_1 poids de l'unité de volume du liquide.

Mettant dans la deuxième équation (25) les valeurs de Q et de N (28) et (29), il vient :

$$\varepsilon\frac{t}{\omega_1} = \rho y. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (30)$$

Il reste à déduire de cette équation celle de la courbe, par voie d'intégration.

Si la masse liquide, au lieu de presser l'extrados, était, au contraire, en contact avec l'intrados, comme dans les conduites d'eau souterraines, ces équations s'appliqueraient encore en changeant le signe de N, ou simplement celui de ω_1; mais à cause des circonstances particulières que présente le mouvement des eaux, relativement aux pressions exercées sur les parois des conduites, il faudrait placer l'origine des coordonnées à la hauteur du niveau supérieur d'un manomètre à air libre, qu'on mettrait en communication directe avec le liquide en mouvement. Lorsque ce niveau s'élèvera au-dessus du niveau de la voûte, N étant négative, la valeur de Q sera négative, parce que, dans la deuxième équation (27), le rayon de courbure est supposé positif; il en résultera que les valeurs de T et t deviendront aussi négatives. Cela signifie que les voussoirs devront agir les uns sur les autres par tractions et non en se repoussant. Ces tractions pourront être, en partie, produites par l'adhésion des mortiers, et, au besoin, par des liens de fer établis entre les voussoirs consécutifs. Dans certains cas du mouvement des eaux, il pourra se faire que le niveau du manomètre descende au-dessous des parties les plus basses de la voûte, et alors toutes les y seront négatives, ce qui rendra négative la valeur de $\frac{t}{\omega_1}$, équation (30), et par suite, positive celle de t, à cause du signe de ω_1 : il est évident que, dans ce cas, la voûte recevra, de dehors en dedans, des actions égales à l'excès de la pression atmosphérique sur la pression totale de l'eau dans la conduite en chaque point. Ce résultat est conforme à celui que fournit l'équation (29), car ω_1 et y étant négatifs, N devient positive.

En laissant de côté le cas où une partie des ordonnées serait positive et l'autre négative, afin de ne pas trop compliquer la question, nous résumerons la discussion précédente, et nous confirmerons les conséquences auxquelles on arrive, en interprétant l'équation (30).

Cette équation montre que toutes les fois que y sera positive, c'est-à-dire lorsque la voûte sera chargée extérieurement d'une masse de liquide, ou pressée intérieurement par un liquide en repos ou en mouvement, mais de telle sorte que le niveau supérieur du manomètre s'élève au-dessus de la voûte, le rapport $\frac{t}{\omega_1}$ sera positif; et l'équation restant la même, la forme de la courbe sera identique dans ces divers cas, toutes circonstances restant égales d'ailleurs. Elle montre encore que, dans le cas de la pression intérieure et des ordonnées négatives, le rapport ci-dessus devient négatif, de manière

Digitized by Google

que si l'on change y en $-y$, la forme de la courbe reste encore la même ; seulement elle est disposée en sens contraire du précédent, et symétriquement par rapport à l'axe des y. On n'aura donc qu'à intégrer généralement l'équation (30), en regardant $\frac{t}{\omega_1}$ et y comme des quantités positives.

Avant de passer à l'intégration de l'équation (30), on doit remarquer que $\frac{t}{\omega_1}$ exprime la hauteur d'une colonne du fluide considéré, qui produirait, par son poids, la pression t par unité de surface. Pour plus de simplicité dans l'écriture, et rendre l'équation homogène, on pose

$$\varepsilon \frac{t}{\omega_1} = \frac{c^2}{2}; \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (31)$$

L'équation (30) devient alors

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2y}{c^2}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (32)$$

Par intégration et transformation, cette équation devient :

$$\pm \frac{dx}{dy} = \frac{\frac{y^2 - k^2}{c^2}}{\sqrt{1 - \left(\frac{y^2 - k^2}{c^2}\right)^2}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33)$$

ou cette autre équation, dans laquelle le signe du deuxième membre est changé :

$$\pm \frac{dx}{dy} = -\frac{\frac{y^2 - k^2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{y^2 - k^2}{c^2}}\sqrt{1 + \frac{y^2 - k^2}{c^2}}} \quad (34)$$

k, quantité constante égale à l'ordonnée du point pour lequel $\frac{dx}{dy} = 0$, c'est-à-dire du point de la courbe auquel la tangente est parallèle à l'axe des y ou verticale.

La valeur de $\frac{dx}{dy}$ pouvant être arbitrairement prise avec l'un ou l'autre signe, tandis que sa valeur absolue reste la même pour des valeurs égales et des signes contraires de y, on voit que la courbe est formée de deux branches symétriques par rapport à l'axe des x. Tout ce que l'on peut dire de la branche située du côté des y positives, s'appliquant à l'autre branche, considérons seulement la première.

L'équation (34) donne la valeur de $\pm x$, égale à l'intégrale du produit de son second membre par dy, d'où il résulte qu'à une valeur de y répondent deux valeurs égales et des signes contraires pour x. La courbe est donc encore symétrique par rapport à l'axe des y.

Nous avons déjà dit que k est l'ordonnée du point auquel la tangente à la courbe est verticale ; nous aurons pareillement les ordonnées des points correspondant aux tangentes horizontales, en égalant à zéro chacun des deux facteurs formant le dénominateur de l'expression de $\frac{dx}{dy}$ (équation 34), ce qui fournira deux égalités desquelles on conclura en désignant par h et h' ces ordonnées.

$$\left.\begin{aligned} h^2 &= k^2 - c^2. \\ h'^2 &= k^2 + c^2. \end{aligned}\right\} \quad (35)$$

La plus petite de ces ordonnées, h, répond à la tangente horizontale supérieure ; la plus grande h' répond à celle inférieure.

On reconnaît aisément, en considérant le dénominateur de l'équation (33), que la condition, pour que la valeur de $\frac{dx}{dy}$ reste réelle, est exprimée par

$$\pm \frac{y^2 - k^2}{c^2} < 1.$$

Inégalité qui se résout en les deux conditions suivantes :

$$y^2 > k^2 - c^2, \quad y^2 < k^2 + c^2.$$

Il résulte de ces inégalités et des équations (35), que la branche inférieure est comprise entre deux parallèles à l'axe des x, menées aux distances h et h' de l'origine.

En ne considérant que le signe supérieur dans (34), on voit, qu'en supposant dy positif et partant de $y = h$, dx reste positif, jusqu'à ce qu'on ait $y = k$; l'abcisse va donc en croissant dans cet intervalle ; au delà, le deuxième membre devient négatif, et par suite dx ; l'abcisse décroît jusqu'à ce qu'on ait $y = h'$.

Le reste du cours de la courbe, que n'indique pas l'équation différentielle (34), est mis en évidence par l'intégrale de cette équation, qui fournit la valeur de x en fonction de y ; mais, comme les résultats sont très compliqués, nous nous contenterons de donner (fig. 2567) un procédé graphique pour construire la courbe, en partant de l'équation (32), ou mieux de

$$\rho y = \frac{c^2}{2}.$$

La quantité c qui entre dans cette équation n'est point une des données immédiates ; mais en considérant le cas particulier où l'on se donne la position du plan des naissances et celle du sommet de la voûte, et que de plus on exige que la tangente à la courbe soit verticale à ses extrémités, cela revient à se donner k et h.

La valeur de c^2 est alors donnée par l'équation (35), qui donne : $c^2 = k^2 - h^2$.

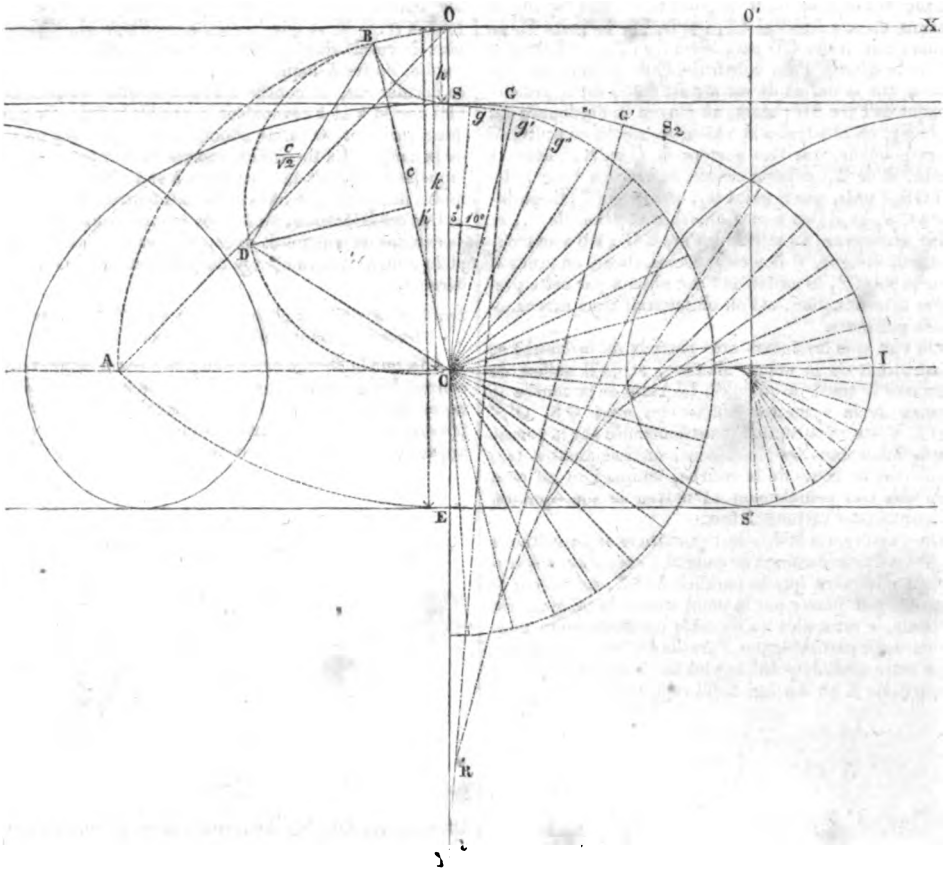
Disons, en passant, que cette valeur de c^2, étant substituée dans l'équation (34), on en conclut pour l'épaisseur de la voûte

$$\varepsilon = \frac{k^2 - h^2}{2\frac{t}{\omega_1}}$$

Portant, fig. 2567, de l'origine O des coordonnées, et dans le sens des y positives, les distances $OC = k$, $OS = h$; puis construisant le triangle OBC rectangle en B, avec k pour hypothénuse, et h pour l'un des côtés de l'angle droit, le troisième côté BC sera la valeur de c. Décrivant ensuite sur BC une demi-circonférence, puis la divisant en deux parties égales au point D, et joignant DC, on aura $DC = BD = \frac{c}{\sqrt{2}}$. On prendra sur une parallèle à l'axe des x, menée par le point C, une longueur $AC = BC = c$, puis joignant O A, on aura $OA = h'$, d'après la deuxième équation (35). On portera ensuite cette longueur de O en E, et, d'après ce qui a été dit précédemment, les parallèles menées en E et S renfermeront la branche inférieure de la courbe en lui étant tangentes, tandis que la parallèle menée par le point C, contiendra tous les points de la courbe, en lesquels la tangente est parallèle à l'axe des y.

Pour tracer la courbe maintenant, il reste à déduire de son équation même le rayon de courbure ρ correspondant à chaque ordonnée y ; on pourra le faire très rapidement au moyen de la *règle à calcul*, car, en retournant la *réglette*, et mettant son origine sous le trait qui répond à $\frac{c^2}{2}$, les quotients de cette quantité par chaque valeur de y, se trouveront sur la réglette au droit du trait correspondant à chaque diviseur, sans qu'il soit nécessaire de la déplacer. Si on veut remplacer

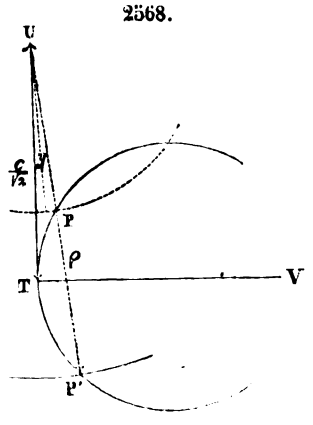
Digitized by Google



2567.

le calcul par une construction, on remarquera que ρ est une troisième proportionnelle aux quantités y et $\frac{c}{\sqrt{2}}$, ou, si l'on aime mieux, cette dernière est moyenne proportionnelle entre ρ et y. On pourra alors pour déterminer ρ employer la construction que fournit le théorème de la *tangente moyenne proportionnelle entre la sécante entière et sa partie extérieure dans le cercle.*

2568.



Pour cela, ayant mené 2 droites rectangulaires, TU, TV (fig. 2568), on prend $TU = \frac{c}{\sqrt{2}}$ ou BD de la fig. 2567 : puis, d'un point quelconque pris sur TV, comme centre, on décrira un arc de cercle PTP' tangent en T à la droite TU. Alors, décrivant du point U, comme centre, avec une longueur donnée y pour rayon, un arc de cercle qui coupe le premier en un point P, prolongeant la droite UP jusqu'à ce qu'elle rencontre de nouveau le premier arc en un point P', la distance UP' sera la valeur cherchée de ρ. On pourra construire plusieurs valeurs de ρ correspondant à différentes valeurs de y, avec un même arc tangent ; mais il conviendra de le changer lorsque le lieu des intersections sera mal déterminé : il sera facile d'en tracer d'autres qui présenteront de meilleures déterminations.

Il reste encore une construction préparatoire qui consiste à mener par un point tel que le point C, une série de droites Cg, Cg', Cg'', faisant entre elles des angles égaux assez petits, comme 5° ou 10°, ce qui sera facile au moyen d'un *rapporteur*. Il faudra seulement que la première de ces droites, à partir de l'axe des y, fasse avec cet axe un angle qui ne soit que la moitié des angles des autres droites. Pour effectuer un tracé rigoureux, il faudrait changer le rayon de courbure à chaque arc infiniment petit de la courbe que l'on tracerait avec ce rayon ; comme cela est impraticable, on se contente de l'approximation que l'on obtient, en traçant, avec le même rayon, un arc de courbe correspondant à un angle, que dans la figure on a fait de 10° ; or, comme la courbe est ici symétrique par rapport à l'axe des y, si l'on veut appliquer le même rayon de courbure à une étendue qui ne soit que de 10°, il faut changer de rayon après la construction d'un arc de 5° de part et d'autre de l'axe des y.

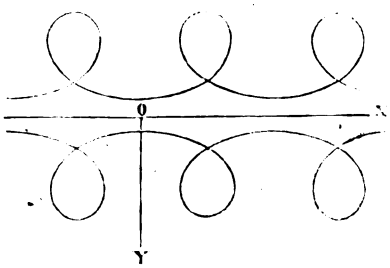
Maintenant, ayant construit le rayon de courbure qui répond à $y = h$, au moyen du tracé, on en portera

Digitized by Google

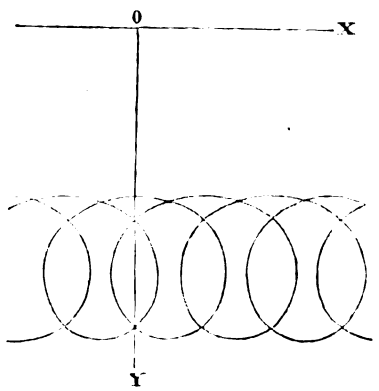
la longueur de S en R, et du point R, avec ce rayon, on tracera un arc indéfini SS_1; puis, par le point R, on mènera une droite RG parallèle à Cg; l'arc SG sera un arc de la courbe. Pour construire l'arc suivant, on supposera que le milieu de cet arc est en S_1 sur le prolongement de l'arc SG; alors, au moyen de l'ordonnée du point S_1, on construira la valeur du rayon de courbure correspondant, que l'on portera de G en R_1; avec ce rayon, et de R_1, comme centre, on tracera l'arc indéfini GS_2; puis, par le point R_1, on mènera R_1G' parallèle à Cg', et si l'on a bien choisi la position de S_1, ce point se trouvera au milieu de l'arc GG'; s'il s'en trouvait trop éloigné, il faudrait recommencer, en prenant pour le point S_1 le milieu de l'arc obtenu par cette première détermination, et l'on obtiendrait alors une exactitude suffisante.

On voit que les autres arcs partiels de la courbe se construiront de la même manière, et qu'il suffira de continuer le tracé jusqu'en S'. Le reste de la courbe se déduira de la symétrie autour des axes OS, O'S' et OX. Cette construction étant continuée par la pensée indéfiniment dans les deux sens, on reconnaîtra très facilement le cours de la courbe, ce que l'on ne peut faire que très péniblement au moyen de son équation en coordonnées rectangulaires.

On s'assurera à la fois de l'exactitude de la méthode graphique précédente, et de celle de l'exécution des tracés, en observant que la parallèle à OX, menée par le point C, doit passer par le point auquel la tangente est verticale, c'est-à-dire qu'ici cette parallèle devra couper en deux parties égales l'arc de 10° correspondant. D'un autre côté, le point le plus bas doit se trouver sur la parallèle ES'. La fig. 2569 représente à une petite



2569.



2570.

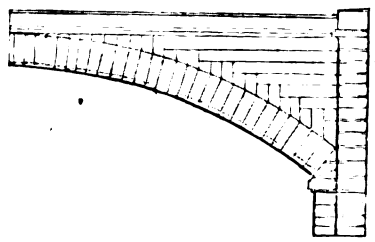
échelle la forme générale, dont la fig. 2567 ne présente qu'une partie.

En traçant, par le moyen précédent, la courbe, pour différentes valeurs de h et de k, on verrait que l'ouverture se rétrécit, et que la courbe se rapproche d'autant plus du cercle que le rapport de h à k diffère moins de l'unité, limite à laquelle la courbe est un cercle. Dans ce dernier cas, la courbe n'aurait de dimensions sensibles que si h et k devenaient ensemble infinis. On peut donc regarder le cercle comme étant l'une des limites de la courbe. La fig. 2570, représente une courbe pour laquelle le rapport des quantités h et k diffère beaucoup moins de l'unité que dans le cas des figures précédentes.

Des considérations analogues montrent que la forme des arches de ponts doit se rapprocher d'autant plus du plein cintre, que la charge au sommet est plus considérable.

Équilibre des arches chargées d'un massif de maçonnerie terminé supérieurement par un plan horizontal.

Afin que la charge agisse toujours normalement à la courbe des centres de gravité des voussoirs, ce qui est nécessaire pour obtenir la plus grande stabilité, on disposera l'extrados suivant une courbe continue, et on appareillera les tympans, comme l'indique la fig. 2571.



2571.

On suppose, dans le calcul, que chaque prisme vertical, reposant sur l'extrados, exerce la même action que s'il s'étendait jusqu'au plan horizontal tangent à l'extrados, et que les matériaux formant le massif, entre les pierres de taille des plans de tête, produisent sur l'extrados le même effet que les prismes verticaux.

La question à résoudre, relativement à un tel système, consiste à déterminer la forme de la courbe des centres de gravité des voussoirs, la pression t dans les joints et par suite μ.

Le force extérieure $\lambda N ds$, col. 3849, étant ici appliquée normalement à l'extrados, et devant, suivant les conditions de la mise en équation du problème, passer par le centre de gravité du voussoir élémentaire, M. Yvon Villarceau établit que cela n'est possible qu'autant que la courbe des centres de gravité est parallèle à l'extrados.

Concevant alors une courbe parallele aux deux premières et située du côté des centres de courbure, à une distance de la courbe des centres de gravité égale à celle qui sépare cette dernière de l'extrados, on lui donnera le nom d'*intrados fictif*, et l'on supposera les joints refouillés à l'*intrados réel* jusqu'à cette courbe.

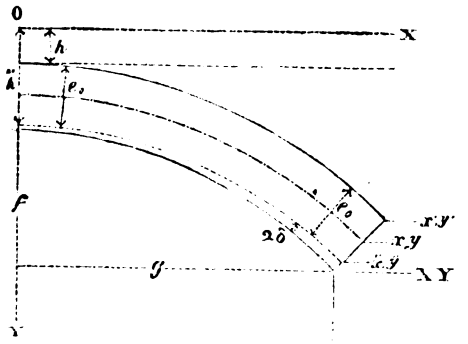
Soient, comme l'indique la figure 2572 :

x, y, les coordonnées des points de la courbe des centres de gravité ;
x', y', — — de l'extrados :
x'', y'', — — de l'intrados fictif,

c'est-à-dire de la courbe jusqu'à laquelle devraient être refouillés les joints pour que la courbe des centres de gravité passât par le milieu des surfaces de contact des voussoirs.

X, Y, les coordonnées de la courbe *intrados réel*, c'est-à-dire de la courbe servant de directrice aux surfaces cylindriques des voussoirs.

Digitized by Google



2572.

2δ, la distance, variable en chaque point, de l'intrados fictif et de l'intrados réel.

δ, est la distance de la courbe des centres de gravité au milieu de l'épaisseur du voussoir.

e_0, l'épaisseur fictive; mesurée suivant la normale. Comme les trois courbes, l'extrados, la courbe des centres de gravité et l'intrados fictif sont parallèles, il en résulte que l'épaisseur e_0 est constante sur toute l'étendue de la voûte.

e, l'épaisseur réelle, elle est variable en chaque point; on a $e = e_0 + 2\delta$.

$h = y'_0$, la hauteur de charge au-dessus de la clef, exprimée en matière de la densité du massif situé entre l'extrados et le plan horizontal tangent à cet extrados.

$h' = h + e_0 = y''_0$.

α l'angle du joint avec la verticale.

i, le rapport de la densité du massif à celle des voussoirs.

ρ' Le rayon de courbure de l'*extrados*.

ρ'' Le rayon de courbure de l'*intrados fictif*.

λ, la dimension du joint dans le sens de l'axe de la voûte.

ds' l'élément de la courbe extrados.

ω, le poids du mètre cube de voussoirs.

μ, la hauteur, variable, représentant la pression sur les joints, μ est exprimé en matériaux des voussoirs.

$T = \omega e_0 \mu$, la pression totale, variable, sur les joints.

L'indice o servira à désigner les quantités relatives au joint de la clef, et l'indice $_1$ celles relatives au joint des naissances.

Dans le cas qui nous occupe, les équations (25) deviennent, en substituant à $N\lambda ds$, la pression normale $N'\lambda ds'$ qui agit sur l'étendue $\lambda ds'$ de l'extrados,

$$\left.\begin{aligned} dT &= \sin.\alpha\, dP \\ T\,d\alpha &= \cos.\alpha\, dP + N'\lambda ds'. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

On trouve, en négligeant les termes du troisième ordre, que le poids du voussoir élémentaire peut s'écrire (formule 6),

$$dP = \omega\lambda e_0 \left(1 - \frac{1}{3}\frac{e_0}{\rho'}\right) ds'. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

Le joint n'étant supposé s'étendre que jusqu'à l'*intrados fictif*, on écrira :

$$T = \omega\lambda e_0 \mu. \quad . \quad . \quad (38)$$

et les équations (36) donneront

$$\left.\begin{aligned} d\mu &= \left(1 - \frac{1}{3}\frac{e_0}{\rho'}\right)\sin.\alpha\, ds'. \quad . \quad . \quad . \\ \mu\, d\alpha &= \left(1 - \frac{1}{2}\frac{e_0}{\rho'}\right)\cos.\alpha\, ds' + \frac{N'}{\omega e_0} ds'. \end{aligned}\right\} \quad (39)$$

La première des équations (39) revient à

$$d\mu = dy' - \frac{1}{3} e_0 \sin.\alpha\, d\alpha. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

ce qui donne, en intégrant,

$$\mu - \mu_0 = y' - h - \frac{1}{3} e_0 (1 - \cos.\alpha). \quad . \quad . \quad (41)$$

Cette équation montre que l'accroissement $\mu - \mu_0$ de μ, est indépendant de l'intensité de la pression normale N'.

La seconde équation (39) donne, par élimination de μ, et en tirant ρ' :

$$\rho' = e_0 \frac{\mu_0 + y' - h - \frac{1}{3} e_0 (1 - 2\cos.\alpha)}{\frac{N'}{\omega} + e_0 \cos.\alpha} \quad . \quad . \quad 42)$$

Cette équation fournira le moyen de tracer la courbe, et celle (41) sera utile pour déterminer la loi des pressions dans les joints.

Mettant dans la première des équations (7) $e_0 \omega \mu \cos.$ à la place de $\varepsilon t \frac{dx}{ds}$ et $-N'\lambda dy'$ à la place de $Fx\, ds$, on a, en divisant par $e_0\omega$,

$$d(\mu \cos.\alpha) = -\frac{N'}{\omega e_0} dy'. \quad . \quad (43)$$

M. Yvon Villarceau démontrant que la pression produite sur les voussoirs, dans la disposition idéale du massif que nous considérons, est égale en intensité et en direction à celle d'un liquide de même densité que celle du massif, il en résulte que l'on a

$$N' = i\omega y' \quad (44).$$

Substituant cette valeur dans les équations (42) et (43), elles deviennent :

$$\rho' = e_0 \frac{\mu_0 + y' - h - \frac{1}{3} e_0 (1 - 2\cos.\alpha)}{iy' + e\cos.\alpha} \quad (45)$$

et

$$d.(\mu \cos.\alpha) = -\frac{i}{e_0} y' dy' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

Intégrant (46), et supposant $y' = h$ pour $\alpha = o$, il vient

$$\mu_0 - \mu\cos.\alpha = \frac{i}{2e_0}(y'^2 - h^2). \quad . \quad . \quad (47)$$

Éliminant μ entre les équations (41) et (47), il vient

$$\mu_0(1 - \cos.\alpha) = (y' - h)\cos.\alpha - \frac{1}{3} e_0 (1 - \cos.\alpha)\cos.\alpha + \frac{i}{2e_0}(y'^2 - h^2). \quad . \quad . \quad (48)$$

Telle est l'équation différentielle de la courbe extrados, qu'il resterait à intégrer, en remarquant que l'on a

$$\cos.\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{dy'^2}{dx'^2}}}$$

Les données de la question, telles que la flèche et la demi-ouverture, ayant des relations plus simples avec les coordonnées de l'intrados qu'avec celles de l'extrados, il est convenable, malgré un accroissement de complication, qui n'est qu'apparent, de passer de l'équation différentielle que nous venons d'obtenir à celle de la courbe intrados. (Disons, une fois pour toutes, qu'en parlant de l'intrados, on parle de l'intrados fictif, à moins qu'on n'avertisse du contraire). Nous y parviendrons au moyen des relations suivantes : Soit, pour abréger,

$$q^2 = \frac{2e_0\mu_0}{i} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

On a, d'après les définitions :

$$y' = y'' - e_0\cos.\alpha, \text{ et } h = h'' - e_0. \quad (50)$$

Digitized by Google

Au moyen de ces deux relations, et convenant de considérer le rapport $\frac{e_0}{q}$ comme une quantité très petite du premier ordre, l'équation (48) donne par l'élimination de y', aux termes près du 3e ordre, que l'on néglige,

$$\cos.\alpha = \frac{1 - \frac{y''^2 - h''^2 + e_0(2h'' - e_0)}{q^2}}{1 - \frac{2e_0h''}{q^2} + \frac{2e_0}{iq^2}(1-i)(y''-h'') + \frac{e_0^2}{q^2} + \frac{e_0^2}{iq^2}\left(\frac{4}{3} - i\right)\frac{y''^2 - h''^2}{q^2}} \quad . \quad (51)$$

Equation différentielle de la courbe intrados, à cause, comme ci dessus, de la relation

$$\cos.\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{dy''^2}{dx''^2}}}$$

Au moyen de cette relation et de quelques transformations, on parvient à donner à l'équation différentielle (51) la forme

$$dx'' = + \frac{q^2 + (h'' - e_0)^2 - y''^2}{R}\,dy'' \quad . \quad (52)$$

en posant, pour abréger,

$$R^2 = (y'' - h'')\left\{\begin{array}{l}\left[2q^2 - (y''^2 - h''^2)\right](y'' + h'') \\ + 4\frac{1-i}{i}e_0q^2 - 4e_0h''(y'' + h'') \\ + \frac{8}{3}\frac{e_0^2}{i}(y'' + h'') - 8\frac{1-i}{i}e_0^2h'' \\ + 4\left(\frac{1-i}{i}\right)^2 e_0^2(y'' - h'').\end{array}\right\}$$

Il importait de donner à la quantité R^2 la forme d'un produit de 4 facteurs du premier degré, en les mettant en évidence. On indique ordinairement pour y parvenir la résolution d'une équation d'un degré égal à celui du polynome; mais l'expression algébrique des racines est ici nécessaire pour conserver à la question toute sa généralité. M. Yvon Villarceau a pu l'obtenir en réduisant ces racines en séries ordonnées suivant les puissances des épaisseurs, en bornant ici, comme dans tous les calculs, l'approximation aux termes du second ordre, ce qui suffit parfaitement; et il a obtenu l'expression

$$R^2 = (y'' - h'')\left(y'' + h'' + 2\frac{1-i}{i}e_0\right)\left[\theta - \left(y'' - \frac{1-i}{i}e_0\right)\right]\left[\theta + \left(y'' - \frac{1-i}{i}e_0\right)\right] \quad . \quad (53)$$

dans laquelle la constante θ se déduit de la relation.

$$\theta^2 = h''^2 + 2q^2 - 2\frac{1+i}{i}h''e_0 + \frac{1}{i^2}\left(1 + \frac{2}{3}i + i^2\right)e_0^2.$$

La valeur de R fournie par l'équation (53) donne à l'équation (52) une forme convenable pour parvenir à l'intégration par voie des fonctions elliptiques.

A l'aide de developpements analogues aux précédents, M. Yvon Villarceau est parvenu à éviter les fonctions elliptiques de troisième espèce, et il a obtenu une intégrale qui se simplifie notablement dans le cas où la voûte et le massif peuvent être considérés comme ayant la même densité. La faible charge des voûtes de ponts au-dessus de la clef rend le module peu différent de l'unité, de sorte que l'on peut facilement suppléer aux tables de fonctions elliptiques.

La discussion de l'équation différentielle (52) montre que la courbe qu'elle représente se compose de deux branches séparées, l'une située tout entière du côté des y positifs et comprise entre deux parallèles à l'axe des x menées aux distances h'' et $\theta + \frac{1-i}{i}e_0$; l'autre située du côté des y négatifs, et comprise entre deux autres droites parallèles au même axe et menées aux distances

$$-\left(h'' + 2\frac{1-i}{i}e_0\right), \text{ et } -\left(\theta - \frac{1-i}{i}e_0\right)$$

Il en résulte également que le point auquel la tangente à la courbe est verticale a pour ordonnée

$$\pm\sqrt{q^2 + (h'' - e_0)^2}.$$

Comme on ne fait en pratique usage que de la branche inférieure, la considération de la branche supérieure pourrait paraître étrangère à l'objet qui nous occupe, mais M. Yvon Villarceau établissant une relation générale d'une application facile à divers points remarquables de l'une et l'autre branche, en tire des relations entre les coefficients des divers termes de l'intégrale à laquelle il est parvenu, qui servent à *poster ori* de vérification à l'exactitude des valeurs de ces coefficients, obtenus par des calculs d'une étendue considérable. Nous regrettons de ne pouvoir reproduire ici ces calculs, qui ont été un sujet spécial d'éloge de la part de l'Académie.

Les formules qui constituent l'intégrale de la courbe intrados jointes à des relations particulières que nous mentionnerons plus loin, ont pour objet spécial la détermination de l'épaisseur de la voûte à la clef, par voie de tâtonnement, quantité de laquelle on déduit avec la plus grande facilité toutes celles qu'il est nécessaire de fixer pour procéder à l'établissement d'une arche de pont ou de tunnel. M. Yvon Villarceau a fait usage de ce système de formules pour calculer des tables servant à la détermination de l'épaisseur à la clef et de la poussée horizontale au sommet dans les arches de pont en anse de panier, lorsqu'on peut admettre que le massif et les voussoirs ont sensiblement la même densité.

Il serait inutile de songer à intégrer par quadrature l'équation différentielle (52), attendu que sous cette forme le premier élément de l'intégrale devient infini. M. Yvon Villarceau montre qu'on peut lui donner une autre forme qui n'est point sujette à cet inconvénient. Mais l'application des quadratures à cette nouvelle équation différentielle serait plus longue que le calcul de l'intégrale obtenue au moyen des fonctions elliptiques, dût-on dans celle-ci calculer par quadrature les deux fonctions elliptiques de première et deuxième espèce qu'elle renferme.

Nous nous contenterons, à défaut de la solution analytique, de présenter le système de construction graphique à l'aide duquel M. Yvon Villarceau résout le problème de l'établissement des arches de pont avec toute l'exactitude que comporte l'exécution graphique.

Ces moyens graphiques dépendant essentiellement du tracé de l'intrados au moyen du rayon de courbure, nous renvoyons à ce que nous avons dit, col. 3854, pour tracer une courbe quelconque au moyen de son rayon de courbure; nous nous contenterons de donner ici l'expression analytique du rayon de courbure de l'intrados, et la construction géométrique que l'on en déduit.

Si l'on a égard au parallélisme des courbes, intrados et extrados, distantes de la quantité constante e_0, on aura

$$\rho'' = \rho' - e_0. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

Éliminant ρ' entre les équations (45 et 50), et substituant la valeur de ρ' en fonction de y'', qu'on en dé-

Digitized by Google

duit, dans l'équation (54), on obtient, en négligeant les termes d'ordres supérieurs au second

$$\rho''=\frac{\frac{1}{2}q^2-2e_0h''+\frac{4}{3}\frac{e_0^2}{i}+2\frac{1-i}{i}e_0(y''-h'')-\frac{2}{i}\left(\frac{4}{3}-i\right)e_0^2\cos.\alpha}{y''+\frac{1-i}{i}e_0\cos.\alpha} \qquad (54\ bis)$$

Pour construire cette expression, il est nécessaire de lui donner une autre forme.

En posant :

$$q'=q-\frac{2e_0}{q}h''+\frac{4}{3}\frac{e_0^2}{iq} \quad . \quad . \quad . \quad (55)$$

$$\text{tang. }\beta=2\frac{1-i}{i}\frac{e_0}{q};\ a=2\left(\frac{4}{3i}-1\right)\frac{e_0^2}{q};\ b=\frac{1-i}{i}e_0 \quad (56)$$

elle devient

$$\rho''=\frac{1}{2}q\frac{q'+(y''-h'')\text{ tang. }\beta-a\cos.\alpha}{y''+b\cos.\alpha} \quad . \quad . \quad (57)$$

Quant à la valeur du δ, dont nous aurons besoin plus bas, nous l'obtiendrons en substituant d'abord ρ'' à ρ dans l'équation (8 *bis*), ce qui donne

$$\delta=\frac{1}{12}\frac{e_0^2}{\rho''},$$

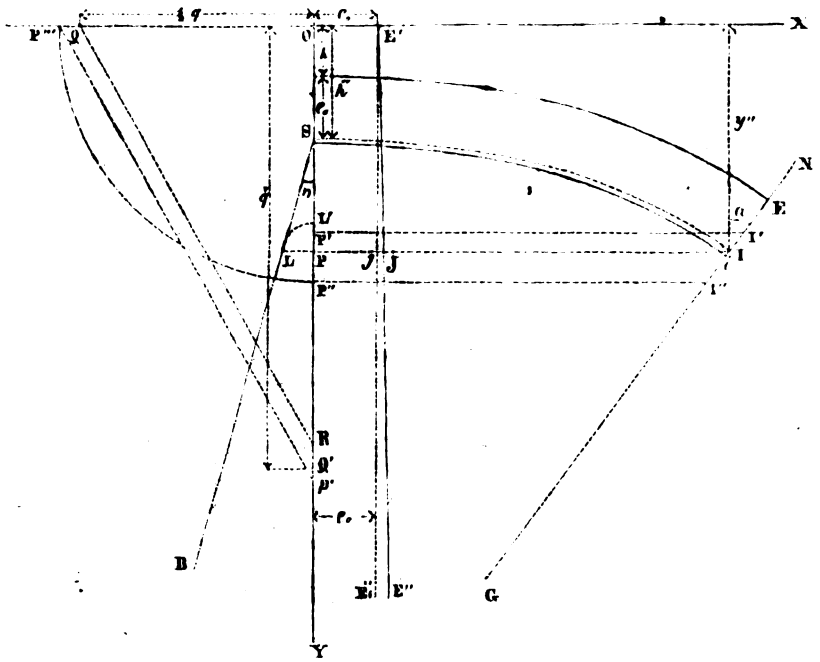
expression dans laquelle on néglige le terme d'un ordre supérieur au second.

Remplaçant ρ'' par sa valeur (54 *bis*), en y négligeant les termes du deuxième ordre et au-dessus, il vient

$$\delta=\frac{1}{6}\frac{e_0^2}{q^2}y'',$$

ou

$$\delta=\frac{i}{12}\frac{e_0}{\mu_0}y''. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (58)$$



2573.

La construction de l'expression (57) suppose connues les constantes h, e_0, μ_0, liées aux constantes q et h'' par les relations (49 et 50), et à celles q', β, a et b, par les formules (55 et 56).

Supposons actuellement connus h, e_0 et μ_0 ou q^2, sauf à indiquer plus loin le moyen de fixer la valeur de celles d'entre elles qui peuvent être inconnues, et occupons-nous de la construction du rayon de courbure ρ'', qui nous servira à la détermination de ces inconnues.

Le tracé graphique suivant permet de construire la valeur de ρ'' sans faire l'application numérique de la formule (57); il donne en outre tous les éléments nécessaires pour tracer l'extrados, l'intrados réel, et, par suite, la courbe des centres de gravité.

On part d'une valeur de e_0, que nous fixerons plus loin, de cette valeur de e_0 et de la donnée h, on conclut h'', ce qui permet, ayant tracé les axes OX, OY, figure 2573, de fixer les positions des sommets de l'intrados fictif et de l'extrados. Cela fait, on mène par le sommet S de l'intrados fictif la droite S B, faisant l'angle B S Y $=\beta$; calculé à l'aide de la première formule (56); on prend O E' $=e_0$, on mène la verticale E' E_1'', puis la droite E' E'', de manière à avoir

$$\text{tang. } E_1''E'E''=\frac{ie_0}{6\mu_0};\ \text{on prend } OQ=\frac{1}{2}q \text{ et } OQ'=q'.$$

Cette construction préparatoire terminée, supposons (comme col. 3854) que, partant du sommet de la voûte, on ait effectué le tracé jusqu'au point I, ou plutôt jusqu'au joint I N, et examinons comment on le continuera. On commence par déterminer le rayon de courbure ρ'' au point I. Pour cela, on prend I I' $=a$ et I I'' $=b$; on mène I L, I' P' et I'' P'', parallèles à O X; on reporte P L de P en L', et O P'' de O en P'''; on transporte P' L' en Q' p', de manière que L' tombe en Q', et P' en p' qui devra être situé, par rapport à Q', du même côté que P', par rapport à L'; on joint P''' p', et menant Q R parallèle à P''' p', on a O R $=\rho''$, rayon de courbure au point I; on le porte de I en G, ce qui donne le centre de courbure G, et le moyen de prolonger la courbe S I, d'un arc correspondant à un certain nombre de degrés (comme col. 3854); prenant I E $=e_0$, le point E appartient à l'extrados dont le rayon de courbure est E G, au point E, ce qui permet encore de prolonger cet extrados; prenant le milieu de I E, on aurait le point de la courbe des centres de gravité, dont le centre de courbure serait aussi G, mais cette courbe est inutile; portant P J, de E en i, le point i appartient à l'intrados réel; ainsi, on a P J $=$ E i $=\epsilon$ et J j $=$ I i $=2\delta$.

Digitized by Google

Il est évident que l'on commencera le tracé de la voûte à partir du sommet, en opérant de la manière qui vient d'être indiquée pour le continuer. Comme col. 3854, on facilitera le tracé en menant par un point de l'axe OY, des droites faisant entre elles des angles de 5° ou 10°, indiquant les angles que font entre eux les rayons de courbure successifs que l'on emploie pour tracer la voûte.

Détermination des constantes.

Nous venons de voir comment le tracé de l'épure de la voûte dépend finalement des trois constantes e_0, μ_0 et h.

Les données ordinaires d'un projet d'arche sont : la demi-ouverture g, la hauteur sous clef, à partir des naissances, ou la fleche f, enfin la hauteur h de la charge au-dessus de la clef. On a coutume de ne point avoir égard à cette dernière dans le calcul d'une arche, et cependant elle mérite plus d'attention. Disons d'abord que cette hauteur provient ordinairement, dans les ponts, d'un lit de maçonnerie reposant sur le plan horizontal tangent à l'extrados, d'une couche de cailloux, d'une autre de sable, et enfin du pavé lui-même, quant à la chaussée. Dans les ponts-canaux, plusieurs de ces couches sont remplacées par une couche d'eau. Nous remplacerons, pour le calcul, la hauteur de chacune d'elles, par la hauteur d'une couche de la matière du massif, qui aurait le même poids; ce qui se fera en la multipliant par le rapport de la densité propre de cette couche à celle du massif, et ce sera la somme de ces hauteurs réduites que nous désignerons par h.

Il reste à déterminer e_0 et μ_0.

Pour cela, distinguons les deux espèces d'arches dont nous nous occuperons. M. Yvon Villarceau désigne sous le nom d'*arches dites en arc de cercle*, celles dans lesquelles l'intrados ayant la forme assignée par les formules ou les tracés précédents, est limité en deux points ou les tangentes font avec l'horizontale un angle moindre que 90°. Il conserve la dénomination d'arches en anse de panier, à celles où ces tangentes extrêmes sont verticales.

Soient f et g la flèche et la demi-ouverture données. Dans le cas des arches dites en arc de cercle, ces quantités sont liées aux coordonnées du point extrême de l'intrados réel pour des relations faciles à lire dans la fig. 2573 Il n'en résulte qu'une seule équation de condition entre les données et les inconnues e_0 et μ_0; de sorte qu'on peut prendre arbitrairement l'une des deux.

Dans le cas des arches en anse de panier, outre la condition que la courbe intrados réel doit passer par les points auxquels répondent f et g, il faut encore satisfaire à celle que la tangente extrême soit verticale, de sorte que les quantités e_0 et μ_0 sont simultanément déterminées à l'aide de ces conditions.

μ_0 est liée à μ_1 par la relation (41), dans laquelle nous remplacerons $y' - h$ par $y'' - h'' + e_0(1 - \cos.\alpha)$, et nous mettrons à la place de $(1 - \cos.\alpha)$ sa valeur déduite de (51), en y négligeant les termes du premier ordre, etc. Il vient ainsi

$$\mu - \mu_0 = y'' - h'' + \frac{1}{3\mu}(y''^2 - h''^2) \quad (59)$$

formule qui montre que la pression dans les joints augmente sensiblement comme les ordonnées au-dessous du sommet de l'intrados.

Appliquons cette expression au point extrême de l'intrados. Nous aurons, aux termes pres du second ordre, les relations suivantes, dont les premières se déduisent de l'inspection de la figure :

$$y'' - h'' = f$$
$$y'' + h'' = f + 2h''$$
$$\frac{y''^2 - h''^2}{\mu_0} = f\frac{f + 2h''}{\mu_0}$$

d'où,

$$\mu_1 = \mu_0 + f + if\frac{f + 2h}{3\mu_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

On tire inversement de cette équation,

$$\mu_0 = \mu_1 - f - if\frac{f + 2h}{3\mu_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (61)$$

L'usage de ces équations est facile à saisir : dans le cas des arches dites en arc de cercle, où μ_0 est arbitraire, on fixera la limite μ_1 arbitrairement, mais de sorte qu'elle ne dépasse la limite de sécurité des matériaux employés, et on déduira μ_0 de l'équation (61). Lorsqu'il s'agira d'arches en anse de panier et que μ_0 et e_0 auront été déterminées de manière à satisfaire aux deux conditions énoncées ci-dessus, on fera usage de l'équation (60) pour calculer μ_1 et s'assurer que sa valeur ne dépasse pas la limite de sécurité de la pierre; si elle dépassait cette limite, il faudrait nécessairement modifier les données du projet.

Cas des arches en arc de cercle.

h étant donnée et l'une des constantes e_0 et μ_0 restant arbitraire, il sera préférable de prendre μ_0 arbitrairement plutôt que e_0, et de lui donner la plus grande valeur possible afin d'économiser les matériaux. En vertu de l'équation (61), il conviendra de se donner μ_1, qui représente la pression maximum dans les joints, et de conclure μ_0 de cette équation.

Il reste maintenant à déterminer e_0, ce qui ne peut se faire que par voie de tâtonnement, en partant d'une valeur approchée de cette quantité. M. Yvon Villarceau est parvenu, au moyen de certaines considérations, à une formule empirique qui lui a toujours donné cette épaisseur à moins de 1/10 près, et telle, que le plus souvent on pourra s'en contenter. Les résultats qu'elle fournit pèchent par excès. Cette valeur approchée est

$$\frac{f\left(1 + \frac{g^2}{f^2}\right)\left[h + \frac{1}{8}(f + 2h)\right]}{2(\mu_0 - ih) - f\left(1 + \frac{g^2}{f^2}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad (62)$$

Au moyen des valeurs de h, μ^0 et e^0, qu'on vient de déterminer, on calculera les constantes q, h', q', β, a et b, au moyen des équations (49, 50, 55 et 56), et l'on effectuera le tracé de l'épure, comme il a été indiqué col. 3862.

On vérifiera ainsi qu'il suit l'hypothèse faite sur la valeur approchée de e_0. Ayant pris, à partir du sommet de l'intrados réel, sur OY, une longueur égale à f, menant par le point obtenu une parallèle à l'axe OX, elle viendra rencontrer la courbe intrados réel qui a été tracée, à une distance g de l'axe OY, si l'hypothèse faite sur la valeur de e_0 est exacte; s'il n'en était pas ainsi, on recommencerait le tracé avec une nouvelle valeur de e_0, différente de la première, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arriverait à une valeur exacte de e_0. Afin d'abréger le nombre des tracés, il conviendra de faire usage de la méthode des courbes d'erreurs.

Cas des arches en anse de panier.

Les données sont encore f, g et h, et il faut, d'après l'examen, fait par M. Yvon Villarceau, d'un grand nombre de ponts de cette espèce, que le surbaissement soit compris entre 1/3 et 1/4, en se rapprochant du 1/3 pour les petites ouvertures, et du 1/4 pour les grandes.

Il faut déduire des données les constantes e_0 et μ_0 nécessaires pour calculer, avec h, les constantes qui entrent dans l'expression du rayon de courbure (57). Il sera plus simple de substituer à μ_0, la quantité q^2, à

Digitized by Google

laquelle elle est liée par la relation (49); de sorte qu'ayant déterminé q^2 et e_0, on en tirera :

$$\mu_0 = \frac{i}{2}\frac{q^2}{e_0}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (63)$$

Pour exprimer la condition que la tangente extrême à l'intrados réel est verticale, on observera que l'abscisse de cette courbe est

$$x'' - 2\delta \sin. \alpha,$$

et que, par suite, la condition dont il s'agit sera exprimée par l'équation

$$\frac{d\,(x'' - 2\delta \sin. \alpha)}{dy''} = 0.$$

Par des calculs dirigés convenablement, on déduit de cette équation, pour l'ordonnée du point de l'intrados fictif correspondant au point extrême de l'intrados réel :

$$y_1'' = \sqrt{q^2+h^2} - \frac{1}{6}\frac{e_0^2}{\sqrt{q^2+h^2}}; \quad (64)$$

et l'angle du dernier joint avec l'horizontale est donné par la formule

$$\text{tang. } (90^0 - \alpha_1) = \frac{ie_0}{6\mu_0} = \frac{1}{3}\frac{e_0^2}{q^2}. \quad . \quad (65)$$

Donnons maintenant une autre expression de l'ordonnée du point inférieur de l'intrados fictif.

L'ordonnée du point inférieur de l'intrados réel est

$$y_1'' + 2\delta_1 \cos. \alpha_1;$$

celle du sommet de l'intrados réel est :

$$h + e_0 + 2\delta_0.$$

La différence de ces ordonnées étant f, on a donc

$$f = y_1'' - h - e_0 - 2\delta_0 + 2\delta_1 \cos. \alpha_1.$$

Remplaçant δ_0 et δ_1 tirés de la formule générale (58), cette équation donne

$$y_1'' = f + h + e_0 + \frac{ie_0}{6\mu_0}\,(h'' - y_1'' \cos. \alpha_1) \quad (66)$$

Expression qu'on peut réduire à la suivante, en négligeant les termes d'ordres supérieurs au second, et remplaçant $\frac{ie_0}{6\mu_0}$ par $\frac{1}{3}\frac{e^2_0}{q^2}$,

$$y_1'' = f + h + e_0 + \frac{1}{3}\frac{h''e_0^2}{q^2}. \quad . \quad . \quad . \quad (67)$$

Élevant les équations (64) et (67) au carré, et éliminant $y_1''^2$ entre elles, on a, en négligeant les termes d'ordres supérieurs au second et ordonnant par rapport à e_0,

$$q^2 = f(f+2h) + 2(f+h)e_0 + \frac{2}{3}\left[2 + \frac{(f+h)h''}{f(f+2h)}\right]e_0^2 \quad (68)$$

Observant que q^2 dépend de e_0, nous serons obligé de faire une hypothèse sur la valeur approchée de e_0. Par des considérations analogues à celles qui ont donné e_0 dans l'autre cas (expression 62), M. Yvon Villarceau est arrivé à la valeur approchée

$$\frac{4}{10}\frac{f}{\frac{g^2}{f^2} - 1} - h.$$

Cette valeur de e_0, substituée dans (68), donnera q^2, et l'on en déduira μ_0 par la formule (63); puis ensuite on calculera μ_1 au moyen de la formule (60), afin de s'assurer si la pression maximum est inférieure à la résistance des matériaux. On conçoit que dans le cas contraire il serait inutile de poursuivre le travail avec ce système de valeurs.

Au moyen de e_0, μ_0, qu'on vient de déterminer, et de h, on calculera, comme ci-dessus, les constantes qui entrent dans l'expression du rayon de courbure (57), et l'on effectuera le tracé comme il a été indiqué ci-dessus.

Vérification. On mène une horizontale à la distance f au-dessous de l'intrados réel, puis une normale à l'intrados fictif au point où l'horizontale rencontre l'intrados réel; cette normale devra faire l'angle de $90^0 - \alpha_1$ avec l'horizontale (65), quelle que soit l'hypothèse faite sur e_0, si le tracé a été bien exécuté. La partie de la même horizontale comprise entre l'axe des y et l'intrados réel sera égale à la demi-ouverture g, si on est parti de la véritable valeur de e_0; s'il n'en était pas ainsi, on recommencerait le tracé en modifiant l'épaisseur.

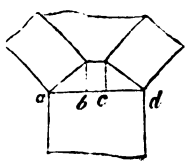
Il est à remarquer que le tracé fait avec l'épaisseur exacte fournit l'épure exacte de la voûte.

En appliquant la méthode des courbes d'erreurs, on pourra réduire le nombre des calculs et tracés. C'est pour éviter ces calculs et tracés de tâtonnement, que M. Yvon Villarceau a calculé les tables dont il a été question ci-dessus.

Rappelons que les questions, dont nous venons de présenter la solution graphique, ont été traitées analytiquement par M. Yvon Villarceau, et ajoutons qu'il fait suivre ses solutions de formules appropriées au calcul des différences des coordonnées relatives à des différences arbitraires de l'inclinaison des plans de joint.

Dimension des piles.

En ne considérant pas l'action du cours d'eau qui frappe les piles, ni les autres causes étrangères à la charge qu'elles supportent, qui tendent à les détruire, et en supposant leurs assises faites de pierres aussi résistantes que les voussoirs, la largeur suffisante minimum qu'on peut leur donner est égale à la somme $ab + cd$, fig. 2574, des projections horizontales des joints extrêmes de la voûte, et cela dans les voûtes dites en arc de cercle, comme dans celles en anse de panier.



2574.

Poussée contre les culées. Comme nous l'avons déjà dit, elle se compose de deux parties :

L'une, due à la voûte proprement dite, normale au joint des naissances, est

$$T' = \omega\lambda e_0 \mu_1.$$

Le point d'application de cette poussée est au milieu de l'épaisseur fictive de la voûte sur le joint des naissances.

La seconde partie de la poussée sur la culée est due au massif; sa valeur est, en ayant égard au mode d'action du massif, qui a été trouvé identique à celui d'un fluide de même densité,

$$U = \frac{i\omega\lambda}{2}(y_1'^2 - y_0'^2).$$

Son point d'application a pour ordonnée

$$\frac{2}{3}\frac{y_0'^2 + y_0'y_1' + y_1'^2}{y_0' + y_1'}$$

Pour vérification de ces calculs on doit avoir à très peu près

$$T_1 \cos. \alpha_1 + U = T_0 = \omega\lambda e_0 \mu_0. \quad .$$

Nous terminerons cet article en disant que M. Yvon

Digitized by Google

Villarceau, par l'application de sa théorie à un certain nombre d'arches en anse de panier des ponts les plus célèbres qui existent, a reconnu que toutes pèchent plus ou moins gravement contre l'emploi économique des matériaux et contre le rapport qui doit exister entre la flèche et l'ouverture. Ce rapport, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus, doit, pour les voûtes en anse de panier, rester compris entre 1/3 et 1/4, et ne jamais atteindre ni l'une ni l'autre de ces limites, comme on l'a presque toujours fait jusqu'à présent; il doit se rapprocher du 1/3 dans les arches d'une faible ouverture et du 1/4 dans celles à grande portée. Au 1/4, les pierres ne sont plus assez résistantes; au 1/3, les épaisseurs fournies par la théorie devraient, pour satisfaire à toutes les conditions qu'on s'est imposées, recevoir des valeurs considérables, et les pressions dans les joints seraient faibles, ce qui impliquerait un vice d'économie dans l'emploi des matériaux. La forme de plein cintre répond à des charges infiniment grandes, et ne convient par conséquent pas aux arches de ponts. Celle des tunnels s'en rapproche au contraire en raison des charges considérables que leurs voûtes ont à supporter.

M. Yvon Villarceau a reconnu que dans la plupart de nos grands ponts on aurait pu réduire d'un tiers environ l'épaisseur des voûtes qui ont été surbaissées au 1/3, sans faire subir aux voussoirs des pressions excédant le dixième, ou même le quinzième des charges de rupture, et cela, en diminuant convenablement la flèche, ce qui eût permis d'exhausser les naissances sans changer le niveau du pavé de la chaussée. Cet exhaussement, joint à la réduction de l'épaisseur à la clef, eût offert au passage des eaux un débouché plus considérable, en même temps qu'il eût facilité la navigation. Ainsi, au pont de Roanne, les naissances eussent pu être élevées de 80 centimètres, et la clef être réduite à 92 centimètres d'épaisseur. Il n'en fallait peut-être pas davantage pour sauver ce pont de la ruine qui vient de l'atteindre dans le débordement de la Loire.

M. Yvon Villarceau a calculé tous les éléments de trois arches différentes : l'une, dite en arc de cercle, établie sur les données du pont d'Iéna, c'est-à-dire ayant 25 mètres d'ouverture et 3 mètres de flèche; une seconde, aussi dite en arc de cercle, de 45 mètres d'ouverture et 5 mètres de flèche; la troisième, en anse de panier, de 60 mètres d'ouverture et $16^m,25$ de flèche. L'épaisseur de $1^m,86$ et la pression horizontale à la clef seraient les mêmes dans la voûte en anse de panier de 60 mètres d'ouverture que dans celle dite en arc de cercle de 45 mètres. La pression dans le joint des naissances serait représentée par une colonne de pierre de 112 mètres de hauteur, ce qui est bien inférieur au dixième de la charge de rupture des matériaux d'excellente qualité, qu'on emploie dans ces sortes de constructions. Une telle arche serait la plus hardie qui eût jamais été construite de main d'homme.

Au pont d'Iéna, la distance maximum de l'intrados théorique à l'arc de cercle qui existe, et qui a même ouverture et même flèche, est de 14 centimètres; ce maximum a lieu à une distance horizontale de l'axe de la voûte égale aux $7/10^{es}$ de la demi-ouverture. Dans l'arche de 45 mètres, l'écart maximum de l'arc de cercle au-dessous de l'intrados théorique est de 30 centimètres, et comme dans le cas précédent et dans le suivant il se trouve encore aux $7/10^{es}$ de la demi-ouverture à partir de l'axe de la voûte. Dans la voûte en anse de panier de 60 mètres d'ouverture, le plus grand écart, entre l'intrados théorique et l'ellipse qui a pour grand axe l'ouverture de l'arche et pour demi-petit axe la flèche, est de 40 centimètres.

Les écarts qui existent entre l'exécution et la théorie sont bien rarement négligeables. Ainsi, M. Yvon Villarceau prouve que quand il est d'un sixième de l'épaisseur, comme dans la voûte dite en arc de cercle de 45 mètres d'ouverture, la pression vers l'extrados devient double de la pression uniforme qui a lieu sur le joint correspondant dans sa construction, tandis qu'elle est nulle à l'intrados. Dans la voûte en anse de panier, où l'écart de 40 centimètres est de beaucoup supérieur au sixième de l'épaisseur de la voûte, le joint tend à s'ouvrir à l'intrados jusqu'à une profondeur de 14 centimètres, tandis qu'à l'extrados la pression est égale à deux fois et un dixième de fois celle qui a lieu uniformément sur tout le joint de l'arche proposée.

Finissons en exposant de quelle manière M. Lamé (1), après avoir analysé le travail de M. Yvon Villarceau, termine son rapport à l'Académie. Un travail aussi précis, aussi complet, mérite de fixer l'attention des ingénieurs et des architectes, et nous émettons le vœu, que le système de voûte imaginé par M. Yvon Villarceau soit adopté et exécuté dans quelque construction importante. Il est facile de détruire ici les objections qui accueillent d'ordinaire toute idée neuve dans l'art des constructions. Sans doute la forme de voûte proposée est moins simple que la ligne circulaire exclusivement adoptée jusqu'ici; mais on peut s'assurer, en regardant les tracés d'arches de M. Yvon Villarceau, que leur forme n'a rien de disgracieux, et qu'ils semblent même être à la fois plus hardis et plus sûrs que tout autre tracé.

Sans doute, lors du décintrement et du chargement des matériaux, la compressibilité des voussoirs et des mortiers produira une déformation, et amènera une nouvelle distribution des pressions sur les surfaces de joint; mais d'abord les altérations de forme peuvent être prévues et rectifiées comme à l'ordinaire, et quant au point d'application de la résultante des pressions, sur chaque joint rectangulaire, il ne pourra s'écarter que de très peu du milieu de ce joint; tandis que dans les voûtes circulaires, ce point d'application, déjà très près de l'intrados ou de l'extrados, pour certains points, s'en rapproche encore plus après le décintrement, en sorte que les voussoirs voisins se trouvent soumis à une compression énorme sur une petite étendue de leurs surfaces contiguës. Or cette différence d'effets, toute à l'avantage du système proposé, constitue en quelque sorte son caractère et son but.

Enfin, il est vrai, la taille des voussoirs sera moins commode, puisque leurs faces courbes ne devront plus s'appliquer sur une même portion circulaire, mais sur des patrons de courbure variable; toutefois la courbure pourra rester la même sur la face intrados de chaque voussoir, car il suffirait dans la pratique de faire varier cette courbure, d'un voussoir au suivant, proportionnellement à la hauteur de la charge, pour que le système de M. Yvon Villarceau fût sensiblement réalisé. La ligne de l'intrados étant ainsi formée d'autant d'arcs de cercle qu'il y aurait de voussoirs, sa discontinuité serait insensible, sa forme hardie serait conservée et son but à très peu près rempli.

En résumé, le travail de M. Yvon Villarceau est remarquable sur plus d'un point. Outre les vues neuves qui concernent la théorie des voûtes, il offre un exemple curieux de l'utilité des transcendantes elliptiques; les calculs et surtout les méthodes d'approximation y sont maniés avec une dextérité peu ordinaire.

En conséquence, vos commissaires vous proposent l'approuver le mémoire de M. Yvon Villarceau sur l'établissement des arches de pont, et d'ordonner son insertion dans le *Recueil des savants étrangers*.

Les conclusions de ce rapport ont été adoptées.

J. CLAUDEL.

WAGON. Voyez CHEMIN DE FER et TERRASSEMENT.

(1) La commission chargée de rendre compte à l'Institut du travail de M. Yvon Villarceau se composait de MM. Poncelet, Piobert et Lamé, rapporteur.

Digitized by Google

X

XYLOIDINE. Il s'agit d'une invention du premier ordre, appelée sans aucun doute à jouer un grand rôle dans l'histoire de la civilisation; il s'agit de la découverte d'une substance tellement facile à préparer que tout le monde est en état de se la procurer en grande quantité dans les vingt-quatre heures, qui détonne spontanément et sans laisser aucun résidu solide lorsqu'on vient à élever sa température vers 180 degrés, ou lorsqu'on la soumet à un choc violent, qui enfin, sous même poids, présente des effets balistiques de deux à trois fois plus considérables que ceux de la poudre à canon. On conçoit tout le parti qu'il est possible de tirer d'une telle matiere dans certaines circonstances d'émotion populaire, lors même qu'elle ne parviendrait pas à remplacer des maintenant l'antique poudre sulfurée dans les armes de guerre et de chasse, ou dans les mines. On ne saurait donc faire autrement que de se préoccuper vivement de l'existence d'une force nouvelle dont le maniement peut être terrible. Les bons esprits seront d'ailleurs convaincus que la découverte d'un agent énergique ne saurait être stérile pour les progrès de l'humanité. Les inventions amènent les inventions. Telle difficulté paraît insurmontable qui tout à coup devient un jeu d'enfant parce que la nature a cessé de cacher à l'homme l'un de ses secrets. Ainsi les machines motrices dont l'agent propulseur eût été la poudre de guerre paraissaient jusqu'à ce jour irréalisables à cause du résidu solide qui, laissé par la substance détonnante après son inflammation, devait s'opposer a la marche régulière des pistons dans les corps de pompe; aujourd'hui telle ne sera plus l'objection qu'on pourra faire à ces sortes de machines. Ainsi encore la locomotion aérienne rencontre des obstacles qui proviennent en partie de l'impossibilité d'emporter le foyer et les combustibles ordinaires, par suite des dangers d'incendie; aujourd'hui on a une force motrice qui ne demande plus ni foyer incandescent, ni chaudière pesante. Le problème obscur de la production d'électricité par le frottement est peut-être aussi bien près d'être résolu par suite de la création artificielle de la substance la plus électrique que le physicien ait encore pu se procurer. La chimie découvre chaque jour des corps nouveaux dont l'intérêt ne paraît pas bien grand pour les esprits habitués à ne prendre en considération que les résultats immédiatement perceptibles, et qui peu à peu viendront, comme la xyloïdine, se placer au premier rang pour l'importance parce qu'un homme d'imagination, un *cerveau brûlé* de la science, n'hésitera pas a en faire une application d'une apparence anormale.

§ I. *Historique.* Lorsque dans le courant du mois d'août 1846, les journaux annoncèrent que M. Schœnbein, professeur de chimie à Bâle, avait trouvé le moyen de transformer le coton en une substance fulminante, tous les chimistes songerent aussitôt qu'il devait y avoir une connexion intime entre le produit obtenu par l'inventeur allemand et une substance appelée *xyloïdine*, provenant de la réaction de l'acide nitrique sur l'amidon, le ligneux, la *cellulose*, substance découverte en 1833 par M. Braconnot, et étudiée sommairement en 1838 par M. Pelouze. M. Arago ayant interpelé les chimistes de l'Académie des sciences de Paris, dans la séance du 21 septembre, sur ce qu'il fallait penser des récits faits par les journaux relativement a la nouvelle découverte, M. Pelouze et M. Dumas n'hésiterent pas a répondre qu'il leur semblait très probable que le coton explosible de M. Schœnbein avait la plus grande analogie avec la xyloïdine. Cependant, ajouta M. Pelouze, je crois qu'il y a exagération dans les effets annoncés, ou du moins il me paraît que la xyloïdine contient *encore trop de charbon et pas assez d'oxygène pour brûler, sans laisser de résidu, en l'absence de l'intervention de l'oxygène de l'air.*

Dans tous les cas, il était tellement vrai que la nouvelle poudre ne pouvait provenir que de l'oxydation de la cellulose par le moyen de l'acide nitrique, qu'alors que M. Schœnbein fait encore un secret de son mode de fabrication, tous les chimistes, en se servant uniquement des indications du Mémoire de M. Pelouze, sont parvenus à préparer un produit donnant tous les effets annoncés par l'ingénieux professeur de Bâle. Il arrivait même qu'un mécanicien français, M. Morel, prenait un brevet d'invention pour cette préparation, brevet d'une valeur bien douteuse, car M. Morel emploie simplement l'action de l'acide nitrique *monohydraté* sur le coton, ce que faisait M. Pelouze en 1838, et quant à l'idée d'appliquer le produit de cette réaction comme corps explosible dans les armes à feu ordinaires et dans les mines, la gloire, sinon le profit, doit en revenir entièrement à M. Schœnbein.

Quand on examine attentivement tous les textes qui concernent l'histoire de cette invention et qu'on ne se laisse dominer par aucune préoccupation propre à faire dévier l'esprit des règles d'une impartialité absolue, on est forcément conduit à reconnaître la vérité des faits suivants :

1° *Le produit découvert par M. Braconnot en 1833 n'est pas le coton explosible de M. Schœnbein.*

En effet, quand on a recours à la note publiée par M. Braconnot, dans les *Annales de chimie et de physique* (2e série, tome LII, page 290), sous le titre : *De la transformation de plusieurs substances végétales en un principe nouveau*, on trouve que M. Braconnot traitait par l'acide nitrique concentré, a froid l'amidon, à chaud la sciure de bois, le coton, le linge, la gomme adragante, la gomme arabique, l'inuline et la saponine, de manière à faire une *dissolution* mucilagineuse. En étendant ensuite par de l'eau, il obtenait un précipité abondant d'une poudre blanche qu'il appelait *xyloïdine*, « parce qu'elle participe un peu du ligneux. » Quant a l'action exercée par la chaleur sur cette substance, M. Braconnot s'exprimait ainsi : « Elle s'enflamme avec beaucoup de facilité; il suffit même de la chauffer sur une carte, pour qu'elle se charbonne rapidement aussitôt qu'elle commence à se liquéfier, sans que la partie de la carte soit sensiblement endommagée; distillée dans une petite cornue de verre, elle laisse environ le sixième de son poids *d'un charbon difficile à incinérer*, comme celui de la fécule elle-même, et fournit, en outre, un produit liquide brunâtre, contenant beaucoup d'acide acétique. » Or, ce ne sont pas les phénomenes annoncés par M. Schœnbein.

2° *Parmi les produits étudiés par M. Pelouze en 1838 (Comptes rendus de l'Académie des sciences*, tome VII, page 713), *il n'en est qu'un qui soit susceptible de produire les effets du coton explosible de M. Schœnbein, mais M. Pelouze avait méconnu sa nature.*

M. Pelouze décrit, en effet, outre la xyloïdine, un acide qui est soluble dans l'eau, puis du papier imprégné, dit il, de xyloïdine. Il s'exprime ainsi : « La xyloïdine, premier produit de l'action de l'acide nitrique sur l'amidon, résulte de la réunion de ces deux corps. C'est de l'amidon ordinaire dans lequel un atome d'eau

Digitized by Google

est remplacé par un atome d'acide nitrique..... C'est en quelque sorte un sel dans lequel l'amidon remplit, relativement à l'acide nitrique, le rôle de base : aussi est-elle très combustible ; à une température de 180 degrés centigrades, elle prend feu, brûle presque sans résidu et avec beaucoup de vivacité. Cette propriété m'a conduit à une expérience *que je crois susceptible de quelques applications, particulièrement dans l'artillerie.* En plongeant du papier dans de l'acide nitrique à 1,5 de densité, l'y laissant le temps nécessaire pour qu'il en soit pénétré, ce qui a lieu en général au bout de deux à trois minutes, l'en retirant pour le laver à grande eau, on obtient une espèce de parchemin imperméable à l'humidité et d'une extrême combustibilité. La même chose arrive avec des tissus de toile et de coton.

« Le papier ou les tissus qui ont ainsi subi l'action de l'acide nitrique, *doivent leurs propriétés nouvelles à la xyloïdine qui les recouvre.* »

Cette dernière conclusion de M. Pelouze est inadmissible, car le papier azotique obtenu par le procédé qu'il indique dans ce passage est identique au produit de M. Schœnbein, et brûle *par lui-même* sans résidu. Or le papier laisse, en brûlant, beaucoup de charbon ; la xyloïdine, en admettant la composition donnée par M. Pelouze, laisse aussi beaucoup de charbon ; le résultat simple de l'imprégnation de l'un par l'autre ne saurait se conduire autrement. Du reste, les applications auxquelles avait songé M. Pelouze ne sont nullement de l'ordre de l'idée qui constitue la découverte de M. Schœnbein. L'illustre chimiste français, en parlant d'artillerie, avait seulement proposé des enveloppes imperméables pour les cartouches et gargousses. Cela résulte de deux passages du *Traité de Chimie* de M. Dumas (tome VI, pages 12 et 91), où ce dernier savant dit, en rapportant le travail de M. Pelouze : « Dans la préparation des feux de mines et des pièces d'artillerie, *les papiers et cartonnages, rendus ainsi imperméables et très combustibles, auraient une grande utilité sans doute.* » Ainsi il ne s'agissait nullement pour M. Pelouze de fournir une substance tenant lieu de la poudre de guerre. Ainsi l'on peut regarder comme prouvé :

3° *Que M. Schœnbein le premier a eu l'idée de substituer à la poudre à tirer du coton oxygéné et que* LE PREMIER IL A RÉALISÉ CETTE EXPÉRIENCE, *en introduisant ce coton dans des armes à feu et dans des trous de mine. Ce coton explosible n'était ni de la xyloïdine, ni du coton imbibé de xyloïdine.*

M. Pelouze a reconnu ces faits avec une loyauté à laquelle on ne saurait donner trop d'éloges, en disant à l'Académie des Sciences (séance du 16 novembre) :

« J'ai insisté (en 1838) sur l'extrême combustibilité des produits de l'imprégnation des matières ligneuses par l'acide nitrique, et j'en ai présenté les applications à l'artillerie, sans toutefois les préciser.

« A M. Schœnbein revient l'honneur d'avoir montré que ces matières constituent une véritable poudre et une poudre plus énergique que la poudre à canon.

« Je termine par une simple observation.

« Jusqu'à présent on ne connaît qu'un moyen, celui que j'ai trouvé en 1838, pour préparer cette nouvelle poudre, et cependant M. Schœnbein n'a fait connaître encore ni la nature ni la préparation de son coton-poudre. »

Nous ajouterons, en terminant cette portion de notre article, que M. Pelouze a reconnu, lorsque son attention a été rappelée, par suite du bruit fait par la découverte de M. Schœnbein, sur les produits de la réaction de l'acide nitrique monohydraté sur la cellulose, que le papier et le coton fulminants ne sont nullement de la xyloïdine, mais bien un composé particulier qu'il a appelé PYROXYLINE, et dont il a essayé de donner la composition. Nous croyons cette appellation très convenable, et nous l'adopterons pour désigner la nouvelle poudre.

§ II. *Préparation.* Nous avons dit que le moyen d'obtenir du coton-poudre consiste dans l'oxygénation du coton ordinaire par l'acide nitrique. Cette oxygénation peut être obtenue en suivant différentes recettes que nous allons rapporter, mais qui dépendent toutes du même principe.

1° *Procédé de M. Pelouze.* C'est M. Otto, de Brunswick, qui le premier, après l'annonce des résultats de M. Schœnbein, a publié avoir réussi à préparer du coton-poudre. Voici la note qu'il a publiée à ce sujet :

« Il paraît résulter des expériences qui ont été faites jusqu'ici, que l'acide nitrique fumant, concentré, tel qu'on l'obtient de la distillation de 10 parties de salpêtre et de 6 parties d'acide sulfurique, a la propriété de rendre le coton explosif. La portion de l'acide qui est la plus puissante est celle qui passe la première dans la cornue. Si l'on plonge le coton pendant une demi-minute dans cette première portion du liquide, qu'on le presse ensuite entre deux plateaux de verre ou de bois, et qu'ensuite on le lave jusqu'à ce que toute acidité ait disparu, on obtient alors, après l'avoir fait sécher, un produit éminemment explosible. Si, après cela, on cherche à rendre explosible une nouvelle quantité de coton, en le plongeant dans le liquide qui a été déjà employé, le nouveau produit est beaucoup plus faible.

« Si toutefois, après avoir lavé et séché ce produit plus faible, on le plonge de nouveau dans l'acide, il en résulte un produit satisfaisant. On peut donc renforcer la préparation en plongeant à plusieurs reprises dans l'acide. Je ne pense pas d'ailleurs, ainsi que je l'avais cru d'abord, que le temps de l'immersion doive être circonscrit dans des limites aussi étroites, car j'ai vu du coton devenir très explosif après une immersion de douze heures. Mais, ce qui est de la plus grande importance, c'est le soin donné au lavage : les dernières traces de l'acide sont très difficiles à faire disparaître. S'il reste de l'acide dans le coton, cette substance, quand elle sèche, sent l'acide nitreux ; si on l'enflamme sur une assiette de porcelaine, elle produit également une vapeur acide.

« Aussi la promptitude de la combustion d'une boulette de coton explosif sur une assiette de porcelaine est-elle le meilleur signe de la bonté du produit. Si l'on touche la boulette avec un charbon rouge, elle doit fulgurer comme la poudre à canon, mais sans laisser de résidu : si, au contraire, elle prend feu seulement et laisse des cendres, alors la préparation est impropre au service des armes. Une chose importante à observer est celle-ci : c'est, lorsqu'on a retiré le coton du bain acide, et que, par la pression, on l'a dépouillé de tout reste d'acide, d'avoir soin de le laver à très grande eau en l'éparpillant. C'est pourquoi aussi l'opération ne réussit jamais mieux qu'avec de petites portions. Lavé dans une petite quantité d'eau, le coton s'échauffe, surtout s'il y en a beaucoup, et il s'y forme des taches de couleur bleue ou verte, qui ne se redissolvent que très difficilement, et peu de coton reste pur. On peut dire, en général, que le produit obtenu est d'autant meilleur que le coton explosible se distingue moins du coton ordinaire »

Ce procédé, suivi en Allemagne par M. Otto, n'est pas autre chose que celui indiqué par M. Pelouze en 1838, à savoir : tremper le coton ou le papier dans l'acide nitrique monohydraté. C'est encore simplement ce qu'a fait M. Pelouze pour le premier *papier-poudre* qu'il a introduit dans une arme à feu, ainsi qu'il résulte de la note insérée par ce savant dans le compte-rendu de la séance académique du 26 octobre 1846. Mais pendant ce temps M. Knopp, préparateur au laboratoire de l'université de Leipzig, indiquait une modifi-

Digitized by Google

cation essentielle à ce procédé, modification définitivement adoptée par tout le monde, brevetée par M. Morel, mais dont nous devons faire reporter le mérite à M. Knopp. C'est le second procédé que nous placerons ici.

2° *Procédé de M. Knopp.* « Prenez, dit ce chimiste, parties égales d'acide sulfurique anglais du commerce et d'acide nitrique du commerce (acide nitrique fumant), mêlez les deux liquides dans un vase de porcelaine, plongez-y sur-le-champ et à la fois autant de coton que le mélange liquide peut en recouvrir, et recouvrez le vase avec un plateau de verre dépoli qui le ferme exactement.

« Après avoir laissé le tout en repos pendant quelques minutes à la température ordinaire, si l'on retire le coton et qu'on le lave immédiatement à l'eau froide, on obtient, après dessiccation, un produit fulminant des plus énergiques. Seulement il faut avoir soin de ne laisser le coton dans le liquide acide que le temps nécessaire pour qu'il s'y dissolve partiellement. Il se pourrait même que la proportion en poids des deux solutions acides, ainsi que le temps indiqué, ne fût pas une condition rigoureuse pour le succès. Au contraire, il semblerait qu'une quantité moindre d'acide sulfurique et une immersion moins longue n'empêcheraient nullement la réussite. Le coton ainsi préparé demande, pour devenir explosif, à être parfaitement séché dans l'air chaud; il devient alors à peine reconnaissable à côté du coton ordinaire. »

3° *Procédé de M. Gaudin.* L'acide nitrique monohydraté s'obtenant par l'action de l'acide sulfurique à un seul équivalent d'eau sur le nitrate de potasse ou de soude, et d'autre part la pyroxyline se produisant sous l'influence d'un mélange des deux acides, il a dû venir à l'idée de tous les chimistes qu'on obtiendrait les nouveaux composés explosibles, en prenant, au lieu de ce mélange d'acides, le mélange même de nitrate de potasse ou de soude et d'acide sulfurique. Toutefois nous ne pensons pas ce procédé très convenable, à cause de la perte du sel de potasse (sulfate), qui en résulte; nous croyons le procédé de M. Knopp bien supérieur.

Quoi qu'il en soit, M. Gaudin a le premier publié le procédé dont nous parlons (23 novembre 1846); nous reproduisons ses propres expressions : « La préparation de la pyroxyline par l'acide azotique monohydraté des meilleures fabriques ne réussit pas toujours; j'ai éprouvé moi-même ce désagrément, et comme j'en témoignais mon étonnement à M. Millon, ce chimiste éminent me dit : « Essayez de tremper votre coton dans un mélange, à proportions définies, d'acide sulfurique avec les azotates de soude ou de potasse, et vous réussirez. » Ses prévisions se sont en effet réalisées; cependant l'azotate de soude qu'il m'indiquait de préférence et que M. Pelouze eût choisi aussi, se comporte très mal. Quoi qu'il en soit, voici le procédé qui permettra de préparer, *à coup sûr*, ce remarquable produit dans toutes les localités et avec toute son énergie :

« Pulvérisez du salpêtre raffiné du commerce (desséché ou non), *mais pas humide*, et, après l'avoir mis dans un vase en verre ou en porcelaine, ajoutez-y de bon acide sulfurique concentré du commerce (acide monohydraté), en remuant le mélange avec une baguette de verre ou de bois, de manière à former une bouillie claire; au bout de quelques minutes, quand le mélange se sera encore épaissi, ajoutez de nouvel acide sulfurique, jusqu'à ce que le tout bien mêlé ait la consistance d'un sirop; puis mettez le coton, le papier, le chiffon, etc., en le tassant bien : presque aussitôt il y aura prise en masse, et, au bout d'un quart d'heure, vous placerez le vase dans l'eau pour dissoudre le sel adhérent; enfin vous laverez à grande eau et sécherez comme d'habitude.

« La pyroxyline préparée avec le liquide décanté et filtré ne vaut rien. »

4° *Procédé de M. Brizard.* Souvent la pyroxyline, n'étant pas bien lavée, donne en détonnant des vapeurs nitreuses dont on pourrait craindre la présence dans les armes. M. Dumas a publié une note à ce sujet; nous en extrayons les lignes suivantes : « Le coton fulminant, trempé (après la préparation) dans une solution aqueuse de nitre, puis séché, donne moins de vapeur nitreuse, ce qui permet de croire qu'on pourrait modifier par quelques additions cette fâcheuse propriété.

« M. Dumas ajoute qu'un jeune industriel, M. Brizard, a fait récemment quelques essais qui pourront être utilisés dans la discussion de ces nouveaux effets; M. Dumas en a constaté l'exactitude.

« Du coton imprégné de chlorate de potasse donne un produit fulminant supérieur, peut-être, au coton azotique. 40 ou 50 milligrammes de coton ainsi préparé suffisent à la charge d'un pistolet à balle forcée, et donnent un effet qu'on ne pourrait dépasser sans danger pour l'arme. De la sciure de bois, mêlée au même sel, donne un mélange explosif d'une activité comparable à celle de ces mêmes corps. »

Sciure de bois et copeaux substitués au papier et au coton. Nous venons de parler de la substitution de sciure de bois au coton et au papier. La priorité de cette substitution revient au docteur Bley, de Bernburg, qui prétend s'être assuré « par des expériences réitérées, que des copeaux ou de la sciure de bois, préparés de la même manière que le coton-poudre, acquéraient les mêmes qualités explosives et pouvaient en conséquence remplacer avantageusement la poudre ordinaire, soit dans les armes à feu, soit dans les trous de mine. »

Dessiccation de la pyroxyline. Quelques accidents graves ont ensanglanté l'apparition de la pyroxyline; ces accidents ont été déterminés par l'explosion subite de cette substance durant sa dessiccation au-dessus de calorifères à air chaud. Ils sont dus, sans aucun doute, à ce que quelques filets d'air, comme l'a expliqué M. Payen, échauffés à une température supérieure à 180 degrés, ayant rencontré un filament de coton, y ont mis le feu qui s'est communiqué à toute la masse. Des artilleurs éminents, MM. Piobert et Morin, sont partis de là pour proscrire le nouveau produit, au nom de la sûreté publique. Nous ne nous arrêterons pas à montrer le peu de valeur de cet argument *ab irato*. Nous dirons seulement qu'il est facile d'éviter tout danger, en desséchant le coton azotique dans des étuves chauffées par de l'eau, où l'on aurait soin de faire en sorte que le courant d'air ne pût jamais entraîner des gaz incandescents provenant du foyer. On pourrait encore dessécher par un courant d'air froid, comme l'a proposé M. Gaudin en ces termes : « Imaginons une chambre close, remplie de chaux vive concassée, communiquant, par une conduite, à un ventilateur hélicoïde qui tirera son air de la chambre pour le chasser dans un boyau muni de trappes et cloisons à jour, où l'on placera le coton à dessécher, et aboutissant à la chambre garnie de chaux vive; il est clair qu'alors le coton sera sans cesse traversé par un courant d'air sec, qui lui enlèvera son humidité, proportionnellement à l'élévation de température ambiante, jusqu'à ce que toute la chaux vive se soit convertie en hydrate pulvérulent. »

Moyen d'empêcher la pyroxyline d'être brisante. M. Piobert a fait observer avec raison qu'il ne fallait point rechercher dans les nouveaux produits une trop grande instantanéité d'inflammation; il a rappelé qu'un des grands avantages de la poudre ordinaire consistait en ce que l'on pouvait faire varier sa force dans certaines limites et avoir à volonté des poudres brisantes ou inoffensives dans les armes, indépendamment des quantités qu'il est souvent nécessaire d'y employer à la fois.

Digitized by Google

M. Pelouze a répondu à cette objection par l'ingénieuse idée de carder la pyroxyline avec une certaine proportion de coton ordinaire. L'expérience prouve, en effet, qu'une addition, même très minime, de coton ordinaire, ralentit la fulmination de la pyroxyline de façon à fournir le moyen d'en réglementer à volonté les effets.

Pyroxyline transparente. M. Gaudin a constaté que la pyroxyline obtenue par son procédé (voir 3°) était soluble en presque totalité dans l'éther; le produit du reste, après la vaporisation de l'éther, est transparent et a certainement la plus grande analogie avec le *papier cristal* non encore reproduit de M. Schœnbein. Les pellicules obtenues sont éminemment électriques, ainsi que le papier traité par les sels et ensuite par l'éther; il est en outre transparent et cohérent comme du parchemin.

Pyroxyline hygrométrique. Les premiers essais de tir ont été faits en France avec du papier azotique; ce papier présentait l'inconvénient grave d'être hygrométrique, et alors de faire *long-feu*. Nous avons constaté que cette propriété ne tenait point essentiellement à la pyroxyline, mais était inhérente au papier employé pour la fabriquer. Ainsi en déterminant l'humidité d'un papier et le passant ensuite au mélange des acides, nous obtenions une pyroxyline hygrométrique au même point que le papier; elle reprenait autant d'humidité que lui. Cette propriété doit faire, quant à présent, renoncer à l'emploi du papier. Le coton fulminant ne présente pas heureusement cet inconvénient au même point.

Pyroxyline roussie Comme nous le verrons plus loin, il se dégage dans la combustion de la pyroxyline une assez grande quantité de vapeur d'eau. M. Gaudin a proposé de faire chauffer le coton à une température d'environ 200 degrés, de manière à le roussir légèrement, et à lui faire perdre une portion de son eau, avant de le plonger dans les acides. Cette précaution aurait en outre l'avantage de faire distinguer le coton fulminant du coton ordinaire dont il ne diffère pas à la vue. On n'a pas recherché du reste si elle ne diminuerait pas les effets balistiques de la pyroxyline obtenue. D'autre part, il sera toujours facile de distinguer le coton azotique du coton ordinaire par ses propriétés électriques mises facilement en évidence par le frottement.

§ III. *Composition.* Pour se rendre compte tant du prix de revient probable que des effets possibles de la pyroxyline, il faut avoir des notions exactes sur sa composition. Dans l'état actuel de la question, au milieu de l'incertitude qui règne encore sur la nature de certaines réactions relatives soit à la préparation, soit à la manière d'agir de la pyroxyline, nous ne pouvons faire autrement que de suivre dans cet exposé la marche historique des faits et de reporter à chaque auteur la responsabilité de ses assertions.

En 1842, c'est-à-dire longtemps avant la découverte de M. Schœnbein, un chimiste allemand, M. Ballot, avait été conduit, par un travail considérable sur la xyloïdine, à regarder la substance obtenue précédemment par M. Braconnot et par M. Pelouze, comme étant un mélange de deux ou peut-être de plusieurs substances différentes (*Revue scientifique*, tome XIII, page 374).

Cependant M. Pelouze, lors de ses premiers essais, persista à regarder, comme en 1838, le papier ou le coton-poudre comme étant du papier ou du coton imprégné de xyloïdine (séance de l'Académie du 26 octobre).

Plus tard, 16 novembre, M. Pelouze reconnut qu'au contraire le papier, le coton et en général la cellulose azotiques renferment plus d'oxygène et moins de charbon que la xyloïdine. Il admit que 100 de cellulose donnent en moyenne 169 parties de matière inflammable sèche, et il donna la composition suivante :

XYLOÏDINE = cellulose — 1 équiv. d'eau + 1 équiv. d'acide nitrique anhydre, ou en employant les formules chimiques $C^{12} H^9 O^9 + Az O^5$, ce qui correspond aux nombres :

Carbone	34,80
Hydrogène	4,34
Oxygène	54,09
Azote	6,77
	100,00

PYROXYLINE = cellulose — 1 équiv. d'eau + 2 équiv. d'acide nitrique monohydraté, ou employant les formules chimiques $C^{12} H^9 O^9 + 2(Az O^5, H O)$, ce qui correspond aux nombres :

Carbone	26,66
Hydrogène	3,70
Oxygène	59,28
Azote	10,36
	100,00

Or, pour brûler tout le carbone et tout l'hydrogène contenus dans ces substances, il faudrait, en admettant la formation de vapeur d'eau, d'azote et d'oxyde de carbone, pour la

Xyloïdine 81,12 d'oxygène, et il n'y en a que 54,09,
Pyroxyline 65,14 — — 59,28.

M. Pelouze s'aperçut bientôt de l'impossibilité où se trouvait la pyroxyline ainsi composée de brûler, en donnant les produits ordinaires des combustions, sans pourtant laisser de résidu. C'est sans doute pour expliquer cette difficulté que MM. Fordos et Gélis parlerent (23 novembre) de la formation d'un composé cyanique dans la combustion spontanée de la pyroxyline.

Dans tous les cas, M. Péligot montra que la formule admise par M. Pelouze était erronée, et il donna comme résultat de ses expériences, la composition suivante (7 décembre) :

PYROXYLINE = 1 équiv. de cellulose. — 1 équiv. d'eau + 3 équiv. d'acide nitrique anhydre ou $C^{12} H^9 O^9 + 3Az O^5$, ce qui correspond aux nombres suivants :

Carbone	22,8
Hydrogène	2,8
Oxygène	60,9
Azote	13,5
	100,0

En admettant cette composition, on reconnaît que le coton fulminant peut brûler sans aucun résidu, puisque l'oxygène qu'il contient suffit pour transformer la totalité de son carbone non seulement en oxyde de carbone, mais même partiellement en acide carbonique; la formule théorique de sa décomposition serait alors la suivante :

$$C^{12} H^9 O^9 + 3Az O^5 = 9CO + 3CO^2 + 3Az + 9HO,$$

c'est à-dire 9 équiv. d'oxyde de carbone, 3 d'acide carbonique, 9 de vapeur d'eau.

M. Pelouze dut revenir alors sur la composition qu'il avait d'abord donnée; il s'entoura d'un plus grand nombre de précautions pour s'assurer de la pureté de ses produits, et constata que le rendement de la cellulose bien pure ou pyroxyline était de 175 pour 100 et non de 169, comme il l'avait dit d'abord, et il établit d'une manière irréfragable que la pyroxyline bien pure est entièrement soluble dans les éthers acétiques de l'alcool et de l'esprit de bois, observation curieuse due d'abord à M. Richier, préparateur de chimie à l'École municipale Saint-Laurent. Alors il a trouvé la composition suivante :

Carbone	25,4
Hydrogène	2,9
Oxygène	59,3
Azote	12,4
	100,0

Digitized by Google

ce qui correspond à la formule chimique $C^{24}H^{17}0^{17}$, $5Az\,0^5$. Alors la transformation de la cellulose en pyroxyline aurait lieu d'après l'équation suivante :

$$2C^{12}H^{10}0^{10} + 5\,(Az0^5, H0) = 8\,H0 + (C^{24}H^{17}0^{17}, 5Az\,0^5),$$

c'est-à-dire que 5 équivalents d'acide nitrique monohydraté en réagissant sur 2 équivalents de cellulose donneraient naissance à 8 équivalents d'eau et à 1 équivalent de pyroxyline : de ces 8 équivalents d'eau, 3 proviendraient de la matière organique, et 5 de l'acide nitrique. Cette élimination d'une quantité d'eau considérable expliquerait pourquoi un mélange d'acides nitrique et sulfurique concentrés s'affaiblit rapidement lorsqu'on vient à y tremper du coton, au point que souvent il ne peut plus servir à la préparation d'une nouvelle quantité de cellulose fulminante. On comprend ainsi l'importance de l'introduction faite par M. Knopp de l'acide sulfurique dans l'acide nitrique monohydraté.

La nouvelle formule admise par M. Pelouze explique d'ailleurs pourquoi la pyroxyline, préparée par ce savant, ne laisse aucun résidu charbonneux dans les armes. On voit en effet que sa transformation complète en vapeur d'eau, acide carbonique, oxyde de carbone et azote est possible par l'équation suivante :

$$C^{24}H^{17}0^{17}, 5Az\,0^5 = 23\,CO + CO^2 + 17\,H0 + 5\,Az.$$

Est-ce bien là la composition définitive que les chimistes devront adopter pour la pyroxyline. Il est probable qu'on ne saurait en trouver une autre pour un produit préparé avec tous les soins et dans les circonstances que M. Pelouze a indiquées. Mais lors d'une fabrication *industrielle*, ces nombres *théoriques* devront éprouver quelques modifications. Ainsi la présence, dans le coton ou le papier, de matières étrangères, de cendres, etc., diminuera évidemment son rendement en pyroxyline. D'autre part, quoique M. Pelouze n'ait jamais observé la dissolution d'aucun produit carburé dans les acides, il est certains cas où nous avons constaté la formation d'une quantité très notable de xyloïdine, et d'autres chimistes, entre autres M. Payen, ont fait la même remarque que nous. Le rendement est ainsi presque toujours inférieur à 175 pour 100, et très souvent on obtient des composés moins chargés d'acide nitrique que ceux analysés par MM. Péligot et Pelouze. La durée de l'immersion et la température joueront, comme nous l'avons reconnu, un grand rôle dans l'obtention de la nouvelle poudre.

§ IV. *Prix de revient.* En admettant le rendement de 175 pour 100, il est très facile d'établir le prix de revient de la pyroxyline obtenue par le mélange d'acide nitrique monohydraté avec un poids double d'acide sulfurique à 66°.

A part la main-d'œuvre, 175 kilogrammes de pyroxyline coûteront :

100 kil. de coton cardé.	200 fr.
100 kil. d'acide nitrique monohydraté.	130
200 kil. d'acide sulfurique à 66°. . .	30
	360 fr.

c'est-à-dire 206 fr. les 100 kil. En ajoutant 92 fr. à ce chiffre à cause de la main-d'œuvre, des frais de lavage et de dessiccation, on aura évidemment pour *maximum* possible du prix de revient du kil. de la nouvelle poudre (quantité surperfine royale), la somme de 3 fr. Avec du coton à bout court ou de la pâte de papier, on aurait un produit beaucoup moins cher.

Si on employait un autre liquide pour la préparation de la pyroxyline, par exemple, le liquide décanté provenant de la réaction de l'acide sulfurique sur le nitrate de soude du Chili, comme on a proposé de le faire, on arriverait à un prix de revient notablement plus élevé, et à un produit fulminant de qualité inférieure. Nous n'avons donc pas à nous occuper, quant à présent, d'un autre procédé de préparation. Nous pouvons seulement affirmer que le prix de revient que nous avons établi, sera bien loin d'être jamais atteint.

Comme terme de comparaison, nous placerons ici le tableau des prix de revient et des prix de vente des différentes poudres d'après le compte-rendu du ministre des finances pour 1843 :

	Prix de revient par kil.	Prix de vente aux débitants
Poudre de chasse { fine. . .	1f,87	7f,50
Poudre de chasse { superfine. .	2f,06	9f,50
Poudre de chasse { — royale.	2f,34	11f,50
— de guerre. . . .	1f,58	3f,40
— de mine.	1f,34	2f,
— de commerce extér. .	1f,27	1f,45

§ V. *Effets balistiques.* Lorsqu'il était nouvellement question du coton fulminant, *l'artillerie* prétendait que ce produit ne saurait en aucune façon donner des résultats comparables à ceux de la poudre de guerre ; c'est ce qui a été dit en pleine Académie des sciences et imprimé dans les comptes-rendus de cette assemblée. La théorie donnait un démenti complet à cette assertion ; ce démenti a été confirmé bientôt après par des expériences faites par *l'artillerie* elle-même.

Que dit en effet la théorie ? l'effet dynamique d'une poudre est le rapport du volume des gaz produits à celui de la poudre solide employée. Or en théorie la poudre de guerre est formée de 75 parties de nitrate de potasse, 12,5 de carbone, et 12,5 de soufre, ce qui donne, pour la réaction produite par la détonation :

$$Az0^5, K0 + 3C + S = \underbrace{SK}_{\text{crasse}} + \underbrace{3CO^2 + Az}_{\text{fluides élastiques.}}.$$

ou en centièmes :

Sulfure de potassium. . .	42,9
Acide carbonique. . . .	45,8
Azote.	11,3
	100,0

On voit donc, qu'en brûlant, la poudre noire laisse un résidu solide énorme de 42,9 pour 100 de la quantité employée (1). Le coton fulminant, au contraire, se transforme entièrement en fluides élastiques.

1 kil. de poudre de chasse occupe un volume de 1l,039 et fournit 232 litres d'acide carbonique et 89 litres d'azote, en tout, 321 litres de fluides élastiques à 0°, ce qui donne le rapport 309 : 1.

1 kil. de pyroxyline occupe un volume de 1l,125 et fournit 458 lit. d'oxyde de carbone, 19 d'acide carbonique, 98 d'azote et 332 de vapeur d'eau, en tout 907 lit. de fluides élastiques à 0°, ce qui donne le rapport 806 : 1.

On voit donc qu'en admettant que les gaz produisent, en se formant, la même température dans les deux cas l'effet de la pyroxyline doit être à celui de la poudre de chasse :: 26 : 10.

Nos considérations théoriques ont été vérifiées par les expériences balistiques faites à la direction des poudres et salpêtres de Paris par M. le capitaine Susane et M. le commisaire Mézières. Quoique ces expériences ne puissent être considérées que comme des approximations grossières, parce qu'on ne connaissait pas encore le moyen de s'assurer de la pureté des produits fabriqués, nous allons les rapporter, parce qu'elles présentent les seules mesures exactes qui aient été publiées jusqu'à ce jour.

(1) M. Pelouze a, par une erreur de calcul, porté ce résidu à 77 p. 100 (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, novembre 1846).

Digitized by Google

Les épreuves au *fusil-pendule* ont été faites sur six échantillons ainsi préparés :

1er *échantillon*. Immersion dans les acides durant 2 minutes; lavage à grande eau.

2e *échantillon*. Immersion de 10 minutes.

3e *échantillon*. Immersion de 5 minutes.

4e *échantillon*. Immersion de 15 minutes.

5e *échantillon*. Immersion de 15 minutes, et après lavage, immersion dans de l'eau saturée de salpêtre.

6e *échantillon*. Immersion d'une heure.

On a obtenu les résultats suivants :

VITESSES INITIALES.

Échantillons.

	No 1.	No 2.	No 3.	No 4.	No 5.	No 6.	Moyenne.
Charges de 1 gramme.	120m,161	180m,964	126m,247	124m,487	194m,366	151m,465	149m,342
— 2 —	223m,186	218m,070	294m,901	326m,879	306m,879	345m,494	280m,433
— 3 —	»	383m,881	»	404m,775	399m,254	411m,073	400m,349
— 4 —	431m,206	465m,304	418m,338	»	»	477m,086	447m,732
— 5 —	»	»	»	»	»	518m,393	518m,393

Il est curieux de rapprocher ces nombres de ceux obtenus par M. le chef d'escadron Mallet, sur la progression de vitesses initiales fournies par la poudre à mousquet ordinaire :

Charges de 1 gramme. . . .	94m,268
— 2 —	16 m,897
— 3 —	234m,091
— 4 —	284m,956
— 5 —	320m,453
— 6 —	360m,122
— 7 —	396m,161
— 8 —	414m,085
— 9 —	441m,570
— 10 —	465m,288
— 11 —	488m,437
— 12 —	499m,208
— 13 —	514m,425
— 14 —	531m,817
— 15 —	559m,851

Il résulte de là que si l'on prend la moyenne des résultats fournis par les six échantillons fabriqués à la direction des poudres, dans des conditions évidemment peu favorables, 5 grammes de pyroxyline produisent le même effet sur la balle de fusil que 13 à 14 grammes de poudre à mousquet ordinaire, c'est-à-dire que les effets sont entre eux comme 27 : 10; par la théorie nous avons trouvé :: 26 : 10.

Des expériences nombreuses exécutées depuis cette époque sur du coton préparé en grand à la Direction, avec du coton et des acides mélangés, prouvent que 2 grammes de pyroxyline donnent à la balle une vitesse moyenne de 341m,03; ce chiffre vérifie encore nos calculs, qui tendraient par conséquent à démontrer que les gaz produits par la détonation de la poudre ordinaire ou de la pyroxyline ont la même température.

Quand les acides contiennent de l'acide hypo-azotique, la pyroxyline obtenue ne fait pas sortir la balle du canon.

§ VI. *Effets dans les mines*. Aussitôt que M. Pelouze se fut assuré qu'on obtenait bien un produit fulminant de même ordre que celui de M. Schœnbein, par l'immersion du coton et du papier dans l'acide nitrique monohydraté, MM. Combes et Flandin s'occupèrent d'expériences ayant pour but de substituer à la poudre de guerre le coton fulminant dans l'exploitation des carrières. Ils opérèrent d'abord dans une carrière de calcaire grossier sise dans la commune d'Issy et ensuite dans une carrière de grès de la vallée d'Orsay. Ils vérifièrent complétement les faits annoncés par M. Schœnbein sur l'efficacité remarquable de l'emploi de la pyroxyline dans les mines. Il suffit en général d'une quantité de coton azotique égale au quart du poids de la poudre de mine pour obtenir au moins les mêmes effets. D'ailleurs on pourra l'employer de la même manière que la poudre, sans aucune précaution difficile. En outre, comme les vapeurs et les gaz résultant de la déflagration du coton azotique n'ont aucun des inconvénients de la fumée de la poudre, on ne sera pas obligé, dans l'emploi du nouveau produit, d'interrompre fréquemment le travail, ainsi qu'il faut le faire dans le mode ordinaire d'exploitation des carrières, surtout dans celles où l'on ne travaille pas à ciel ouvert.

De même que l'on emploie, pour l'usage des mines, une poudre de qualité inférieure, on pourra aussi, sans diminuer aucunement les effets produits, faire usage de coton *court*, de celui qui est au plus bas prix dans le commerce, pour la préparation de la pyroxyline de mine.

§ VII. *Effets pyrotechniques*. MM. Séguier et Clerget ont fait un grand nombre d'expériences pour comparer les effets balistiques du coton poudre à ceux de la poudre de chasse; leur mode d'opérer consistant à juger uniquement l'aplatissement des balles de plomb, ne permet pas une assez grande approximation pour que leurs résultats soient mis en regard de ceux de MM. Suzane et Mézières, cités plus haut; nous devons dire seulement qu'ils sont très favorables à l'emploi du nouveau produit. Ces expérimentateurs ont fait en outre quelques essais qui ont prouvé que les papiers azotiques pourront prendre leur place dans la pyrotechnie. Ayant préparé du papier par la méthode de M. Pelouze, ils l'ont trempé dans des dissolutions de nitrate de strontiane, de sulfate de cuivre, de nitrate de baryte, et ils ont obtenu de très beaux feux rouges, verts et blancs. Le léger retard dans la combustion, apporté par l'immersion dans les dissolutions des sels métalliques est très favorable à la durée des effets cherchés par l'emploi des feux de couleur.

§ VIII. *Amorces fulminantes*. M. Pelouze a eu une heureuse idée qui ne pourra manquer de rendre de grands services. Ayant reconnu que la pyroxyline détonne par le choc, il a cherché à appliquer cette propriété à la fabrication des amorces fulminantes, et sa tentative a été couronnée d'un plein succès. Nous ne pouvons mieux faire que de donner ici la note qu'il a publiée à ce sujet. « La fabrication des amorces fulminantes, dit l'illustre chimiste, a pris un développement considérable, depuis surtout que les fusils à piston ont été adoptés pour l'armée. On évalue à plus de 12,000,000,000 le nombre des capsules de cette espèce, fabriquées annuellement en France, soit par l'industrie particulière, soit par les établissements du gouvernement.

« Tout le monde sait que de toutes les industries, la plus dangereuse, sans aucune espèce de comparaison, et l'une aussi des plus insalubres, est celle des amorces de fulminate de mercure. Les expériences indiquées dans cette note permettent d'espérer que cette fabrication meurtrière sera bientôt remplacée par une autre qui ne présentera pas plus de dangers que la fabrication même de la poudre.

« Si l'on met sur un tas d'acier une petite quantité de papier ou de coton inflammable, et qu'on l'y frappe avec un marteau, une vive détonation se fait entendre; mais cependant la plus grande partie de la matière n'a

Digitized by Google

pas même été brûlée, et, pour que son inflammation soit complète, il faut répéter la percussion un très grand nombre de fois. La même chose arrive lorsque la pyroxyline introduite dans une capsule en cuivre est percutée dans une arme à piston. La plus grande partie de la substance ne se détruit pas et obstrue la cheminée. L'inflammation ainsi arrêtée ne se communique que rarement à la charge, surtout quand on a employé pour celle-ci de la poudre ordinaire.

« Il est vraisemblable qu'en modifiant la forme de la cheminée, on pourrait obvier aux inconvénients d'une combustion imparfaite, et que, d'un autre côté, il serait possible de faire disparaître les désavantages attachés à la pyroxyline dans l'état de désagrégation où elle se trouve dans le coton en flocons ou dans le papier inflammable, de telle sorte que, dans l'un ou l'autre cas, cette matière servît seule à la préparation des amorces fulminantes. En substituant, en effet, à la pyroxyline, sous les formes de papier et de coton, la même substance préparée avec des tissus très serrés de chanvre, de lin et de coton, on obtient, avec cette matière découpée en petites rondelles et débitée dans des capsules en cuivre, des amorces fulminantes dont la détonation est aussi forte que celle du fulminate de mercure.

« Le coton-poudre, comprimé avec quelques grains de poudre ordinaire dans des capsules neuves, donne de très bonnes amorces fulminantes. La poudre détermine la combustion de la totalité de la pyroxyline, et l'inflammation se communique facilement à la charge. Le charbon et le soufre donnent également de bons résultats. »

§ IX. *Diversité des produits fulminants.* Longtemps dans les cours et les traités de chimie, quand on avait à parler de l'action énergique des acides puissants, tels que l'acide nitrique, l'acide sulfurique, l'acide chlorique, sur les matières d'origine végétale ou animale, on se contentait de dire: *Cet acide désorganise promptement les matières organiques*, et l'esprit, sinon la raison, se contentaient de cette apparence d'explication d'un phénomène sur lequel l'attention ne s'était point encore sérieusement portée. Ainsi, en faisant l'histoire de l'acide chlorique, on ne manque jamais de répéter l'expérience suivante : de mettre un peu de cet acide sur une feuille de papier, et de faire sécher; avant le moment de la dessiccation, le papier détonne. Il est évident que l'acide chlorique, oxydant beaucoup plus énergique encore que l'acide nitrique, doit produire des effets tout à fait analogues, et par conséquent donner des composés jouissant de propriétés de même ordre, composés que tous les chimistes ont vus, mais qui n'ont pas encore fixé leur attention. Il est évident encore que l'acide hypo-azotique doit fournir également des combinaisons fulminantes avec la cellulose, et c'est ce dont M. Payen s'est déjà assuré (séance de l'Académie des sciences, 25 janvier 1847). Cette observation aura une grande importance dans la pratique, car l'acide nitrique monohydraté contient toujours en dissolution une certaine quantité d'acide hypo-azotique susceptible d'intervenir dans la réaction exercée sur la cellulose qu'on y plonge. Cette circonstance explique d'ailleurs le désaccord qui existe entre les analyses et les opinions des divers chimistes.

Quoi qu'il en soit, une nouvelle série de recherches vient de commencer; tout porte à croire qu'elle sera féconde en observations utiles, tant sous le rapport théorique que sous le point de vue pratique, et la civilisation doit certainement en attendre des services importants. Dès aujourd'hui, nous ne croyons pas nous tromper en affirmant que la dernière heure de la poudre noire ordinaire a sonné. Les regrets qu'en éprouvent ceux qui ont passé leur vie à se servir de cet antique produit, seront sans doute adoucis par cette pensée que la pyroxyline doit son efficacité au même agent que la poudre à canon, à l'acide nitrique qui entre dans la composition des deux fulminants. Mais quels avantages a la nouvelle *combinaison* sur l'ancien *mélange!* Il suffit pour s'en convaincre de lire les lignes suivantes écrites par M. Pelouze, qui a bien le droit, par la part qu'il a prise à la nouvelle découverte dont nous avons fait l'histoire, de parler le dernier à nos lecteurs : « Une poudre blanche, insoluble et inaltérable dans l'eau, de propriétés et de composition constantes, ne souillant ni la main, ni les vêtements, ni les armes, trois fois plus légère à transporter que l'ancienne poudre, puisqu'elle est trois fois plus forte; qui est susceptible de subir, sans la moindre altération, les voyages par mer; une poudre qu'on inonde dans une poudrière, dans la cale d'un navire, qu'on transporte par eau, et qu'on retrouve toujours bonne; voilà, certes, bien des qualités qui priment celles de la poudre noire, toujours crassante et salissante, toujours craignant l'air humide qui l'altère et l'eau qui la détruit. »

BARRAL.

Z

ZINC (*angl.* zinc, *all.* zink). Bien que le zinc soit un métal qui entre dans des alliages que l'on savait préparer depuis une haute antiquité au moyen de ses minerais, il n'est connu à l'état de métal que depuis le siècle dernier, et ce n'est même que depuis peu d'années que son emploi s'est considérablement répandu dans les arts, soit pour la fabrication du fer galvanisé, soit à l'état de feuilles pour les toitures et autres usages, soit dans les objets d'ornements dorés ou non, fabriqués au banc à tirer ou par le moulage. Depuis longtemps on s'en sert pour la fabrication du laiton et autres alliages analogues. Son oxyde commence à être employé au lieu et place de la céruse pour la peinture et la remplacera certainement tout à fait pour cet usage dans un temps donné; enfin son sulfate est employé en médecine, dans la fabrication de quelques vernis, etc.

Le zinc est un métal d'un blanc bleuâtre, ayant presque la teinte du plomb. Sa texture est cristalline à grandes lames; à froid, il se gerce en même temps qu'il s'aplatit sous le choc du marteau; mais quand il est chauffé de 120 à 150 degrés, il devient très malléable, et est alors susceptible d'être réduit en feuilles très minces au laminoir et de s'étirer en fils extrêmement déliés à la filière; à une température plus élevée, de 250 à 300°, il devient cassant au point que l'on peut alors aisément le pulvériser. Il a peu de ténacité et se rompt sous une charge de 4 kilogrammes environ par centimètre carré de section : il est mou, mais moins que le plomb et l'étain, et graisse la lime. Il est peu sonore. Sa dilatation linéaire est de 1/340 de 0 à 100°. Sa densité varie, pour les échantillons du commerce, de 6,9 à 7.2. Il a une odeur et une saveur sensibles quoique faibles. Il fond à 360° et distille à la chaleur blanche. Il s'allie facilement avec la plupart des métaux.

A la température ordinaire le zinc s'altère peu dans

Digitized by Google

l'air sec, mais dans l'air humide il ne tarde pas à se couvrir d'une couche de sous-oxyde grisâtre qui forme vernis à la surface, de sorte que l'altération marche ensuite avec une lenteur extrême, comme le prouve la durée des feuilles de zinc employées pour toitures. Fondu, il s'oxyde très rapidement à l'air; quand il est très chaud, il s'enflamme comme un bain de graisse; ses vapeurs brûlent dans l'air avec une flamme blanche des plus éclatantes; l'oxyde qui résulte de cette combustion se dépose sur les corps environnants sous la forme de houppes cotonneuses légères du plus beau blanc, ce qui les a fait désigner sous les noms de *laine philosophique*, *fleurs de zinc*, *pompholix*. L'oxyde de zinc en suspension dans l'air sèche la gorge et laisse dans la bouche une saveur sucrée, mais il n'est ni dangereux ni incommode.

Le zinc décompose facilement l'eau à l'aide de la chaleur; au rouge sombre cette action est si vive qu'en jetant de l'eau sur du zinc fondu, il y a explosion. Il est attaquable par les acides les plus faibles, même par les acides organiques et l'acide carbonique. Les alcalis caustiques l'oxydent et le dissolvent également en présence de l'eau. Il résulte de cette grande affinité pour l'oxygène que le zinc métallique réduit un grand nombre d'oxydes métalliques, et même de composés du même ordre, tels que les sulfures, chlorures, etc., par voie sèche et par voie humide.

Oxyde de zinc. L'oxyde de zinc pur est parfaitement blanc; il est inodore, insipide et insoluble dans l'eau; il est également infusible et fixe. Lorsqu'on le chauffe au chalumeau, après l'avoir humecté de nitrate de cobalt, il se colore en vert (*vert de Rinman*) à l'état d'hydrate, il se dissout aisément dans les solutions alcalines caustiques, dans l'ammoniaque et dans le carbonate d'ammoniaque.

L'oxyde de zinc est composé de :

Zinc.	0,80	ZnO.
Oxygène. . . .	0,20	
	1,00	

Son hydrate renferme 0,1829 ou un équivalent d'eau.

Sels de zinc.

Les sels de zinc sont incolores, presque tous solubles dans l'eau, l'ammoniaque, le carbonate d'ammoniaque et les alcalis caustiques. Ils ne sont pas vénéneux. Ils sont précipités en blanc par les alcalis et leurs carbonates; le précipité est soluble dans les alcalis caustiques, l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque, et insoluble dans les carbonates alcalins. Ils sont également précipités en blanc par les phosphates, les arséniates, les oxalates et les sulfures alcalins. Le prussiate jaune y forme un précipité blanc insoluble dans les acides, le prussiate rouge un précipité jaune-orangé; les succinates, benzoates et chromates alcalins ne les troublent pas.

Sulfure de zinc. Le sulfure artificiel pur est blanc. Il est à peu près infusible et susceptible de former avec l'oxyde des oxysulfures plus fusibles que le grillage décomposé complétement. La chaleur seule ne l'altère pas; il se grille très aisément. Le charbon le réduit au blanc; il se dégage du sulfure de carbone et le zinc réduit se volatilise. Il est très facilement attaqué par l'acide nitrique, et beaucoup plus difficilement par les acides hydrochlorique et sulfurique. On le prépare en chauffant au blanc du sulfate de zinc anhydre dans un creuset brasqué; on le purifie ensuite en le traitant par de l'acide hydrochlorique, qui dissout tout l'oxyde qu'il pourrait renfermer et seulement très peu de sulfure. Il renferme :

Zinc. . .	0,667	. .	100	ZnS.
Soufre. . .	0,333	. .	50	
	1,000			

Sulfate de zinc. Le sulfate de zinc, aussi connu sous le nom de *vitriol blanc*, cristallise ordinairement en prismes à quatre pans terminés par des pyramides quadrangulaires; il est soluble dans 4 parties d'eau froide, et fond dans son eau de cristallisation qu'il perd au rouge naissant avec une partie de son acide; il se décompose au blanc avec dégagement d'acide sulfureux. Le charbon le réduit facilement. Il renferme, à l'état anhydre :

Acide sulfurique. . .	0,50	ZnO,SO^3.
Oxyde de zinc. . .	0,50	

Il contient ordinairement 0,365 ou 5 atomes d'eau de cristallisation, mais il peut aussi cristalliser avec 1, 2 et 7 atomes d'eau.

Le sulfate de zinc est employé dans la fabrication de quelques VERNIS pour rendre l'huile de lin siccative, dans l'IMPRESSION SUR ÉTOFFES, et dans la médecine soit comme vomitif (actuellement remplacé par l'émétique), soit contre les ulcérations des gencives, dans le scorbut, etc.

On le prépare en grand, surtout près de Goslar, dans le Hartz, par un grillage à une basse température du sulfure de zinc ou *blende*, lessivant la blende grillée, et faisant évaporer et cristalliser les eaux de lavage. On le trouve dans le commerce en masses cristallines d'un blanc brunâtre contenant encore une notable quantité de sulfate de fer. Pour le purifier, on le dissout dans une faible proportion d'eau chaude, on fait bouillir avec un peu de nitre pour peroxyder le fer, puis on fait bouillir avec de l'oxyde de zinc qui précipite le peroxyde de fer et entre en dissolution à sa place; on filtre chaud et on laisse cristalliser par refroidissement. On peut aussi le préparer directement par la dissolution du métal dans l'acide sulfurique, mais il revient alors à un prix plus élevé.

Chlorure, bromure, iodure de zinc. Ces composés sont tous incolores, déliquescents, très fusibles, volatils et susceptibles d'être distillés au rouge.

Carbonate de zinc. Se trouve dans la nature. Artificiellement on ne parvient qu'à obtenir un hydro-carbonate ou sans carbonate hydraté blanc très léger.

Alliages.

Les principaux alliages de zinc employés dans les arts, sont :

Les alliages de cuivre et zinc, voyez LAITON;

Les alliages de cuivre, plomb et zinc;

Les alliages de zinc et étain, durcis par un peu d'antimoine et qui remplacent avantageusement le bronze pour coussinets, etc., comme étant moins chers, plus durables et grippant moins par le frottement.

Les alliages de cuivre, zinc et nickel, connus sous les noms de *maillechort*, *packfong*, *argentan*, que nous avons décrits à l'article nickel.

Minerais de zinc.

Bien que les minéraux qui renferment du zinc soient assez nombreux, il n'en est que trois qui soient assez abondants dans la nature, et encore l'un d'eux, le silicate, ne peut-il servir à la fabrication du zinc :

Calamine, carbonate de zinc anhydre. La calamine est le plus abondant des minerais de zinc, et, jusqu'à ces dernières années, presque exclusivement le seul employé à la fabrication du zinc métallique ou de laiton. Les cristaux blancs ou jaunâtres, demi transparents ou opaques, dérivent d'un rhomboèdre sous l'angle de 107°-40'; ils ont un éclat vitreux et perlé. La calamine est très souvent en masses compactes, souvent mélangées d'une grande quantité d'oxyde de fer hydraté ou de carbonate de chaux magnésifère, ce qui fait qu'elle est souvent colorée en jaune, brun et même en rouge, et qu'au premier abord on la prendrait pour du minerai de fer. Sa densité = 4,442; elle se dissout avec effervescence

Digitized by Google

dans les acides; elle se dissout également dans l'ammoniaque et le carbonate d'ammoniaque.

Ce minerai se trouve toujours en amas à la séparation des terrains de transition et des terrains secondaires, ordinairement dans des calcaires très magnésiens. Les principaux gites sont : ceux situés entre Liége et Aix-La-Chapelle, qui alimentent les usines de la Vieille et de la Nouvelle-Montagne, de Stolberg, de Corfali, etc.; et ceux situés entre Beuthen et Tarnowitz, qui alimentent les nombreuses usines de la Haute-Silésie.

Silicate de zinc. Le silicate de zinc accompagne fréquemment en proportion assez notable le carbonate, soit à l'état de silicate anhydre, soit surtout à celui de silicate hydraté; il cristallise en prismes et se distingue, en outre, de la calamine, en ce qu'il laisse un résidu de silice dans les acides forts et qu'il est irréductible par le charbon, ce qui fait qu'il ne peut être employé à la fabrication du zinc.

Blende, sulfure de zinc. La blende est un minéral d'un aspect très varié; la plus pure est d'un jaune de soufre et transparente; mais, le plus souvent elle est d'un brun-rouge ou verdâtre, et même noire, tantôt translucide et tantôt opaque, jouissant fréquemment d'un éclat très vif; sa cassure est lamelleuse, fibreuse ou grenue; elle est dure et fragile; sa densité varie de 3,8 à 4,0; elle est souvent cristallisée, en tétraèdres, octaèdres ou dodécaèdres rhomboïdaux. Elle renferme presque toujours une certaine quantité de sulfure de fer à l'état de combinaison. Elle est infusible et peut être transformée complétement en oxyde par le grillage.

La blende est une substance de filon qui accompagne ordinairement le sulfure de plomb, mais qui se trouve aussi en filons isolés. On l'exploite dans quelques localités pour la fabrication du zinc et notamment : sur les bords du Rhin, à Linz et Antonius; en Belgique, à Corfali; dans les Grisons; et à Vienne, dans le département de l'Isère.

Cadmies. Dans certains hauts-fourneaux qui traitent des minerais de fer zincifères il se forme près du gueulard des dépôts verdâtres connus sous le nom de *tuties* ou *cadmies*, qui sont presque exclusivement composés d'oxyde de zinc coloré par un peu d'oxyde de fer. On s'en sert quelquefois pour la fabrication du zinc et pour celle du laiton.

Essais des minerais de zinc.

En général, lorsqu'on fait l'essai d'un minerai de zinc on ne désire pas connaître la quantité totale du zinc qu'il renferme, mais bien celle que l'on peut en retirer par les procédés ordinaires de fabrication, c'est-à-dire celle-là seulement qui ne se trouve pas à l'état de silicate, laquelle reste toujours dans les résidus, le silicate étant irréductible par le charbon.

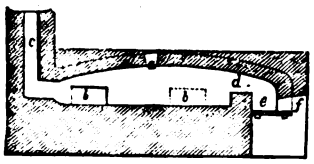
On grille le minerai et on fait l'essai sur le minerai grillé en le mélangeant avec 25 à 30 p. 100 de charbon et introduisant le mélange dans un creuset de terre que l'on chauffe rapidement au blanc; lorsqu'il ne se dégage plus de vapeurs de zinc, on laisse refroidir le creuset, on recueille le résidu, on le grille pour brûler l'excès de charbon et peroxyder le fer et on le pèse : la différence de poids représente la proportion d'oxyde de zinc. En opérant dans une cornue en terre, et sur une quantité un peu considérable de matière, on peut, avec quelques précautions, condenser le zinc métallique qui distille.

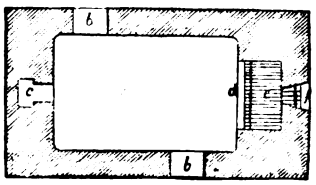
Traitement métallurgique.

I. *Fabrication du zinc métallique avec la calamine.*

MÉTHODE ANGLAISE. On calcine la calamine, pour chasser l'eau et l'acide carbonique, dans des fours à réverbère (fig. 2575 et 2576) dont la sole a 3m,10 de long sur 2m,50 de large, et dans lesquels on la charge sur une épaisseur de 0m,15. On l'introduit ensuite après l'avoir mélangée avec son volume de houille sèche ou d'escarbilles de coke dans des pots placés au nombre de 6 ou 8 dans un four rectangulaire ou mieux circulaire, comme l'indiquent les fig. 2577 et 2578 : *h*, *h*, sont les pots qui ont 1m de profondeur et 0m,90 d'ouverture à la partie supérieure; la voûte *a* du four est percée d'ouverture *d*, par lesquelles on enfourne les pots et qui donnent issue à la flamme et à la fumée, lesquelles s'échappent par la cheminée conique *b*, percée d'ouvertures *c*, *c*, en regard de chaque pot; *e*, est la grille sur laquelle on charge le combustible par la porte *f*; *g*, est le cendrier; on remplace les pots détériorés comme dans les fours de verrerie (voyez VERRE); le fond de chaque pot est percé et traversé par un tube en fer *k*, qui traverse une ouverture ménagée sous le pot dans la sole *i i* du fourneau, et vient plonger à sa partie inférieure dans une cuvette pleine d'eau *l*. La charge terminée on ferme le pot avec le couvercle *m*. Le zinc réduit distille et vient se condenser ou plutôt se sépare par liquation dans les cuvettes *l* et même dans les tubes *k* qui sont sujets à s'engorger, et qu'il faut alors déboucher avec une tringle en fer chauffée au rouge; le fourneau occupe trois ouvriers en tout et produit 150k de zinc par 24 heures, avec une consommation de 12 parties de houille par une de zinc brut obtenue.

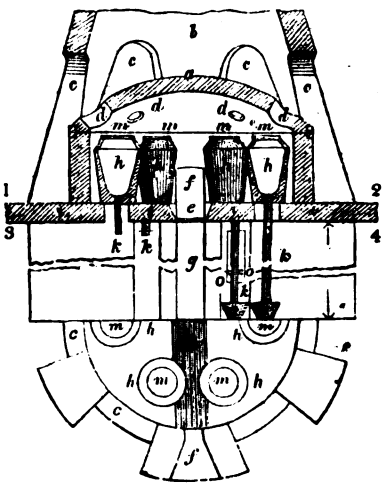
2575.





2576.

2577.



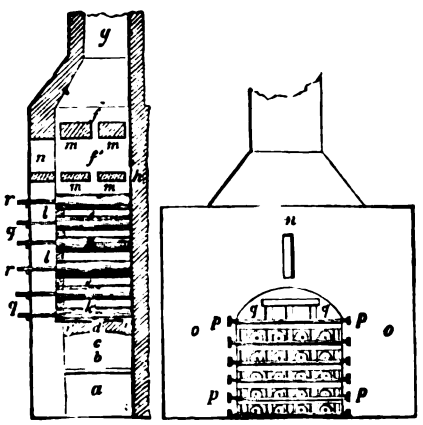
2578.

Digitized by Google

MÉTHODE BELGE. La calamine est le plus ordinairement calcinée dans des fours continus conduits comme les fours à chaux et qui ont $2^m,50$ de hauteur, $1^m,50$ de diamètre au gueulard et $0^m,60$ à la base. Chaque four est desservi par six ouvriers, dont trois seulement sont occupés à la fois; on y calcine moyennement 135 quint. métr. de calamine brute par 24 heures; on consomme moyennement 1.333^k de minerai brut et 92^k de houille par 1.000^k de calamine calcinée produite. On opère aussi quelquefois la calcination dans des fours à réverbère : la consommation en combustible est alors environ triple et de 25 à 30 p. 100. La calamine calcinée est soumise à un broyage sous des meules verticales, disposées comme celles des huileries ou comme celles employées à la manufacture royale de porcelaine de Sèvres (voyez HUILE et POTERIE).

Les fours de réduction sont accolés par deux ou par quatre. La forme générale de chaque four (fig. 2579 et 2580) est celle d'un berceau cylindrique de $1^m,87$ d'ouverture porté sur deux pieds-droits tels que la distance de la sole à la clef de la voûte soit de $2^m,60$. La partie postérieure est fermée par un mur plein présentant huit banquettes saillantes, sur lesquelles vient reposer le fond des creusets *a*; à la partie antérieure sont disposées huit assises de briques dites chapeaux de prêtre, d'une forme particulière, et huit taques ou plaques de fonte, destinées à soutenir la partie antérieure des creusets; des carneaux *e*, *e*, placés au sommet de la voûte servent à régler le tirage; enfin, au-dessous de la sole, sur laquelle reposent la rangée de creusets inférieurs, se trouve le foyer *b*, qui en est séparé par une voûte percée de quatre ouvreaux.

Les creusets sont cylindriques, fermés à leur partie postérieure et ont, après la cuisson, $1^m,10$ de long sur $0^m,15$ de diamètre intérieur et $0^m,03$ d'épaisseur; ces creusets sont faits en terre réfractaire d'Andennes; on donne $0^m,04$ d'épaisseur à ceux des 3 rangées inférieures; on a toujours été en augmentant le nombre de ceux que l'on place dans un même four; autrefois on n'en



2579. 2580

plaçait que 20 comme l'indiquent les fig. 2579 et 2580; actuellement chaque four en renferme huit rangées, les sept premières de 6 et la supérieure de 4, en tout 46 creusets par four. Les taques sont disposées de telle sorte que chaque creuset présente une inclinaison totale de $0^m,20$ de l'arrière à l'avant.

Le séchage d'un four de réduction dure de 4 à 5 jours. Lorsque le four est arrivé au rouge-blanc, on démolit successivement les petits murs que l'on avait construits provisoirement et on introduit au fur et à mesure, dans le four, les creusets préalablement portés au rouge dans un four particulier; on introduit en même temps, dans la gueule des creusets, des tubes coniques en fonte qui doivent servir de condenseurs; ces tubes ont $1^m,40$ de long sur un diamètre extérieur de $0^m,10$ à la base et de $0^m,06$ au sommet, et une épaisseur qui varie de $0^m,01$ à $0^m,02$; ces tubes entrent par leur gros bout dans l'intérieur des creusets où ils pénètrent de $0^m,06$ à $0^m,08$, tandis que le petit bout repose sur les taques de fonte.

Au bout de vingt-quatre heures, on enlève les tubes en fonte pour introduire dans les creusets une première charge, composée de poussières et de crasses de zinc mélangées de leur poids de menu charbon; on remet ensuite les tubes en fonte et on les lute avec de la terre réfractaire. Ce n'est que quatre ou cinq jours après, que le four est arrivé à son état normal; les charges se composent alors de 2 parties de calamine calcinée en poids et de 1 p. de charbon maigre et menu : la charge de toutes les cornues dure 3 heures; dès que la flamme qui se dégage des tubes, d'abord rouge et bleue, prend une couleur verdâtre, on prolonge les tubes en fonte en y adaptant des allonges en tôle de $0^m,002$ d'épaisseur qui ont la forme de troncs de cône de $0^m,62$ de longueur, et dont les bases ont respectivement $0^m,075$ et $0^m,020$ de diamètre. 5 heures après le moment où a commencé le nettoyage et le chargement des creusets, on fait une première coulée : à cet effet, un ouvrier, les mains garnies de vieux chiffons de toile, saisit par le petit bout une allonge de chaque main, les secoue fortement dans un étouffoir en tôle, et les dispose en tas à quelques pas du four; la poussière qui en tombe est un mélange d'oxyde de zinc et de zinc assez chaud pour s'enflammer en partie au contact de l'air. Ensuite, avec un grattoir, les ouvriers raclent les tubes en fonte et font tomber le zinc qui s'y est condensé dans des poêlons en tôle, puis le coulent dans des lingotières; ils replacent de suite après les allonges. On fait trois nouvelles coulées, 7, 10 et 12 heures après le commencement de l'opération. Aussitôt après la dernière on procède au nettoyage des creusets, c'est-à-dire à l'enlèvement des résidus de l'opération précédente et on procède à une nouvelle charge. Pendant le nettoyage, on répare les creusets un peu endommagés avec des pelotes d'argile que l'on introduit et bat avec un ringard; lorsqu'ils le sont trop fortement, on les retire et on les remplace par des creusets neufs préalablement portés au rouge-blanc.

Nous n'avons rien dit de la conduite du feu; elle doit être telle que l'intérieur du four soit constamment au rouge-blanc ou rose, et que les creusets soient chauffés aussi uniformément que possible.

En douze heures ou un poste, on charge, dans les quarante-six cornues, 500^k de calamine grillée et 250^k de charbon maigre menu, et on en retire ordinairement 300^k de zinc et 20 à 25^k de poussières zinciferes. On brûle sur la grille environ 6 parties de houille à longue flamme d'excellente qualité pour 1 partie de zinc obtenu.

La campagne d'un four dure environ deux mois; on la termine par deux autres charges de poussières de zinc, mélangées de 1/4 ou au plus 1/3 de leur volume de charbon fin, après avoir laissé la température s'abaisser dans les creusets jusqu'au rouge sombre, pour éviter les explosions qui pourraient résulter d'une réduction trop rapide; on ne fait qu'une charge de poussières par vingt-quatre heures et on coule fréquemment.

La durée des creusets est très variable suivant leur position dans le four; ceux des quatre rangées supérieures durent fort longtemps, quelquefois même deux campagnes; ceux des rangées inférieures sont détruits beaucoup plus rapidement.

Le tableau suivant, extrait du mémoire de MM. Piot et Murailhe, sur la fabrication du zinc en Belgique (*Annales des mines*, 6^e série, tome V, 1844), indique

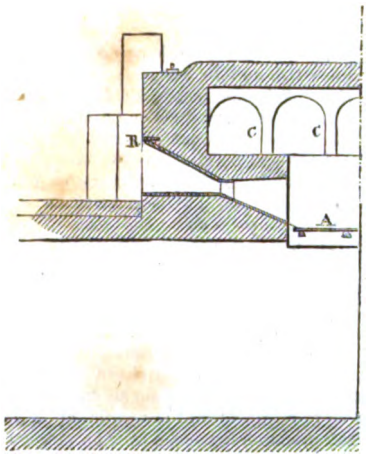
Digitized by Google

quels ont été, en 1840, les frais spéciaux pour 1.000^{k} de zinc obtenu dans les usines de la Vieille-Montagne :

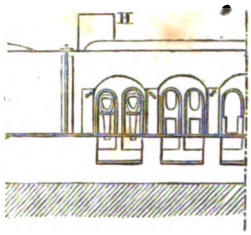
	fr. c.
Calamine calcinée, 3.265^{k} à 10 fr. 76 c. la tonne (pour mémoire).	
Houille, 6.030^{k} à 22 fr. 70 c. la tonne.	136,88
Creusets, 14 3/4 à 2 fr. pièce.	29,50
Briques réfractaires, 6^{k},02 à 500 fr. la tonne.	3,01
Terre réfractaire, 6^{k},56 à 250 fr. la tonne.	1,64
Fonte moulée, 640^{k} à 23 fr. la tonne.	14,72
Fer et acier.	2,35
Main-d'œuvre.	44,04
Frais divers.	3,38
Total des frais spéciaux de traitement pour 1.000^{k} de zinc brut obtenu.	235,52

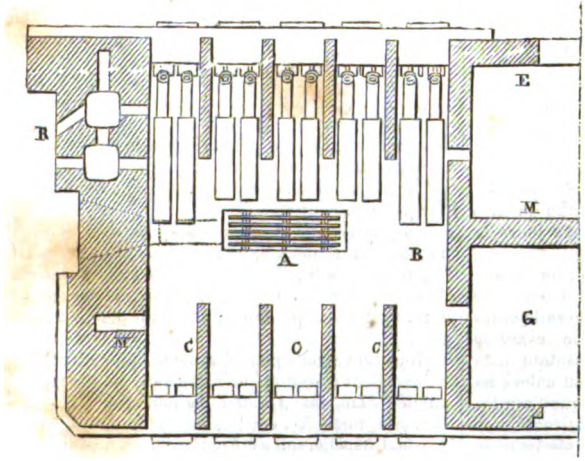
Les frais généraux pour la même quantité de zinc, et pour une production annuelle de 4.000 tonnes de zinc en lingots, se sont élevés à environ 30 fr.

2582.



2583.





2584.

Le zinc brut en lingots est partie livré en cet état au commerce, partie refondu. La refonte s'exécute dans un fourneau à réverbère dont la sole est elliptique et inclinée vers l'arrière; au point le plus bas se trouve un creuset hémisphérique où vient se rassembler le zinc fondu; la sole est en terre réfractaire, le reste du fourneau en briques réfractaires. La sole a 2^{m},30 de long sur 1^{m},53 de large; la grille est carrée et a 0^{m},56 de côté; l'autel a 0^{m},35 de large et est à 0^{m},27 au-dessus de la sole, la voûte est à 0^{m},40 au-dessus de l'autel; la cheminée est placée sur le côté, et les gaz chauds y sont conduits par un rampant de 0^{m},30 sur 0^{m},15, qui prend naissance au-dessus de la porte par laquelle on puise le zinc, la seule, du reste, qui communique avec l'intérieur du fourneau, et qui se trouve placée à l'extrémité du grand axe de la sole. On fait cinq charges en vingt-quatre heures, et chaque charge se compose de 2.000^{k} de zinc brut en lingots. On emploie 3^{k} 1/2 de houille pour 100^{k} de zinc à refondre, et le déchet est de 4 p. 100 environ, partie par volatilisation, partie en zinc resté dans les crasses. On retire une partie du zinc contenue dans ces dernières en les repassant dans les fours de réduction.

Le zinc refondu est ordinairement destiné à être converti en feuilles par le laminage. Tantôt on le réchauffe dans des fours dormants analogues à ceux qu'on emploie pour la tôle de fer. Le laminage se fait à une très basse température, de 120 à 150°. L'épaisseur des feuilles varie de 1/10 de millimètre à 3 millimètres. On consomme de 5 à 6^{k} de houille par 100^{k} de zinc soumis au réchauffage. En tout, la dépense du laminage est de 6 francs environ par 100^{k} de zinc en lingots, et de 10 francs environ par 100^{k} de zinc laminé, à cause du déchet dû à l'ébarbage des feuilles.

MÉTHODE SILÉSIENNE. Le grillage ou calcination de la calamine s'exécute, dans la méthode qui nous occupe, dans des fours à réverbère, ordinairement chauffés avec les flammes perdues des fours de réduction. La réduction s'opère dans des moufles beaucoup plus grandes que les creusets belges, et placées dans des fourneaux à réverbère tout à fait différents. Ces fourneaux renferment en général vingt moufles (voyez figures 2581 à 2583) et sont accolés deux par deux; les flammes perdues sont utilisées pour la refonte du zinc, le grillage du minerai et la cuisson des moufles. Au-dessous de ces fourneaux et dans le sens de leur longueur, règne une galerie voûtée, de 2^{m},50 de haut sur 1^{m} de large, qui amène l'air sous la grille, et sont recoupées par des galeries de service transversales, placées entre des massifs de doubles fours. La grille A est placée au milieu de la sole; la sole B est construite tantôt en briques réfractaires posées à plat, tantôt en terre réfractaire damée. La sole terminée, on élève les murs extérieurs M, en y ménageant les canaux horizontaux et les cheminées verticales, qui servent à attirer la flamme vers les angles du fourneau. On élève ensuite les murs C, formant les embrasures dans lesquelles on place les moufles, en les garantissant sur le devant par une plaque de fonte encastrée dans la sole. Enfin, on construit la voûte, qui est for-

Digitized by Google

mée d'une partie cylindrique parallèle à la longueur du fourneau et dans son axe, et de dix parties également cylindriques formant les embrasures : la voûte se construit tantôt avec des briques réfractaires moulées en forme de voussoirs, tantôt avec un mélange damé de 1/3 en volume de terre réfractaire, et de 2/3 de sable quarzeux. La partie de la voûte placée au-dessus de la grille dure de deux à trois ans; celles des embrasures et les murs C durent davantage. Les parois de la chauffe ne durent que deux ans : à mesure qu'elles se rongent, on éloigne les moufles de la grille. On voit sur les fig. 2581 à 2583, la disposition du four de calcination G, du four à cuire les moufles E, des cheminées d'appel H, servant à régulariser la température dans l'intérieur du four, et en R, comment sont chauffés les pots en terre dans lesquels on opère la refonte du zinc.

La grille du four de réduction a 0m,40 sur 0m,87 ; la largeur intérieure de la sole est de 3m,40 ; les moufles extrêmes ont 1m,45 de longueur; les autres seulement 1m,27; toutes ont extérieurement 0m,55 de hauteur et 0m,22 de large : leur épaisseur est de 0m,03 à la partie supérieure et de 0m,04 latéralement et au fond plat.

On charge à la fois 1,548k de calamine crue dans le four à calcination G; l'opération dure vingt-quatre heures, et on en retire moyennement 2/3 ou 1.032k de calamine calcinée, qui suffisent pour l'alimentation d'un four à vingt moufles pendant quarante-huit heures. Quand un des deux fours est en réparation, on ne charge que 774k à la fois, et la calcination dure toujours vingt-quatre heures.

Les moufles se faisaient autrefois exclusivement à la main sans aucune espèce de moule; l'ouvrier formait d'abord la base sur une planche, puis il élevait la partie cylindrique à la main avec des colombines de pâte ; on ne faisait que 0m,30 à la fois de hauteur, et on laissait prendre un peu de consistance à la masse par la dessiccation, en recouvrant le bord supérieur d'un linge humecté, pour qu'en reprenant le travail la nouvelle portion adhérât à la première. Plus récemment, on les a fabriquées dans quelques usines au moyen de moules intérieurs couchés, et placés dans une position analogue à celle que les moufles doivent occuper dans le four ; ce dernier procédé produit une économie notable dans la main-d'œuvre. Après une dessiccation lente à l'air ou dans une étuve, on les échauffe graduellement jusqu'au rouge; on les retire alors lorsqu'il en est besoin, et on les porte toutes rouges dans les embrasures. Les allonges se font aussi à la main, en argile commune : on les sèche fortement sur la voûte du fourneau et on les met froides en place.

Le séchage d'un fourneau neuf dure plusieurs semaines avant de placer les moufles; lorsque le fourneau a seulement été réparé, on les place immédiatement, en ayant soin de les poser sur un lit de sable, afin qu'elles n'adhèrent pas à la sole, et au bout de quinze jours le four est en pleine activité.

Le fourneau étant suffisamment chauffé, on dégage complétement le devant des embrasures, on bouche avec des morceaux de briques et de l'argile l'intervalle entre les moufles et les embrasures, et on ferme le devant de chaque moufle par une plaque d'argile présentant deux ouvertures : l'une, inférieure, par laquelle on enlève les résidus, et que l'on bouche avec une petite plaque d'argile ; l'autre, supérieure, qui reçoit l'allonge horizontale ou *botte*, à laquelle on adapte ensuite l'allonge inférieure ou *pot*. On procède ensuite au chargement de la calamine calcinée, mélangée de son volume d'escarbilles de coke. On a reconnu que les matières devaient être seulement concassées en petits morceaux. Lorsqu'elles sont complétement pulvérisées, comme dans la méthode belge, elles se tassent en masse, la réduction s'opère plus difficilement, et le zinc réduit a plus de peine à se séparer par distillation. Le mélange est chargé au moyen d'une cuillère demi-cylindrique, qu'on introduit pleine à travers la partie horizontale de l'allonge et que l'on renverse dans la moufle. Cinq minutes après qu'une moufle est chargée, elle donne déjà des vapeurs de zinc notables, aussi faut-il fermer aussitôt après l'ouverture de l'allonge horizontale avec une plaque de terre cuite que l'on lute avec de l'argile. Ensuite, on ferme le devant des embrasures avec une porte mobile formée d'un châssis en fonte et d'un treillis de fil de fer, que l'on garnit de petits morceaux de briques et d'argile ; au milieu de cette porte s'en trouve une autre plus petite qui sert à introduire un ringard pour déboucher l'allonge horizontale quand elle s'obstrue (ce qui arrive rarement), et surtout à refroidir les allonges quand elles sont trop chaudes. Une heure après le chargement, le zinc commence à tomber en gouttelettes, et il se dégage d'abondantes vapeurs que les ouvriers enflamment au moyen d'une barre de fer chauffée au rouge; il en résulte une certaine perte en zinc, mais il paraît que sans cela la seconde allonge reste trop froide et s'obstrue très souvent. Malgré cette précaution, il est nécessaire de la déboucher de temps en temps au moyen d'une tige de fer recourbée à angle droit. La quantité de zinc qui distille augmente pendant six à huit heures; elle reste à peu près constante pendant les quarante-huit heures suivantes, et diminue ensuite de manière à devenir nulle au bout de vingt-trois à vingt-quatre heures. Dès que le dégagement des vapeurs de zinc a cessé, on enlève les portes, on ouvre l'allonge horizontale, et on fait tomber le zinc condensé dans l'allonge verticale au moyen d'un ringard recourbé à angle droit; on enlève le zinc qui s'est rassemblé au-dessous de cette allonge, et on procède à un nouveau chargement.

On ne vide les moufles que tous les trois jours, en enlevant la plaque qui ferme l'ouverture inférieure.

On reconnaît qu'une moufle est percée à ce qu'il se rassemble avec le zinc une quantité considérable d'oxyde, et surtout à ce qu'il s'échappe par la cheminée placée au-dessus de la moufle une flamme blanche caractéristique. On vide alors complétement la moufle, et si le trou n'est pas trop grand on le bouche avec un tampon d'argile réfractaire que l'on introduit à l'extrémité d'un ringard terminé par une spatule. Dans le cas contraire, on enlève la moufle et on la remplace par une neuve, préalablement portée au rouge blanc dans le four E. Une moufle dure de quinze à vingt semaines.

La refonte du zinc se fait dans les pots en terre placés en B ; on refond à la fois le zinc produit par un fourneau de vingt moufles en vingt-quatre heures, soit environ 180k de zinc; on tient les portes fermées avec un couvercle en tôle, on laisse reposer le bain pendant une ou deux heures, on enlève avec une écumoire l'oxyde pulvérulent qui le recouvre, et on coule dans des lingotières légèrement chauffées.

Un fourneau de vingt moufles occupe trois ouvriers, un fondeur et deux aides; le fondeur ne travaille que le jour. Le matin, il charge les dix moufles placées sur l'un des côtés du fourneau, le soir, il charge les dix autres ; il s'occupe dans l'intervalle de la refonte du zinc.

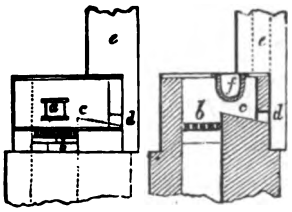
Nous renverrons pour des détails plus circonstanciés à l'excellent mémoire que notre ami, M. Rivot, vient de publier dans les *Annales des mines*, 4e liv. de 1846 (4e série, tome X), sur l'usine à zinc de Stolberg, près Aix-la-Chapelle, qui a été montée il y a quelques années, d'après la méthode silésienne, par la compagnie de Sassenay et Ce.

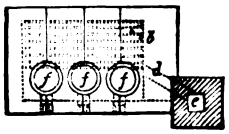
Voici, d'après M. Rivot, quels ont été, pendant le premier trimestre de 1845, les frais spéciaux de traitement, à l'usine à zinc de Stolberg, pour 1.000k de zinc brut en lingots :

Digitized by Google

Calamine lavée 5.353k à 44f,35 la tonne (pour mémoire).	
Houille sèche pour la réduction 1.945k à 3f,50 la tonne.	6f,80
Houille pour les grilles, etc., 9.767k à 44f la tonne.	107f,44
Une moufle.	5f,04
Neuf bottes et vingt pots.	2f,50
Briques et terre réfractaires.	8f,20
Main-d'œuvre pour le cassage et le grillage 1f,47 (pour mémoire).	
Main-d'œuvre pour la réduction et les transports dans l'usine.	33f,60
Primes et faits divers.	25f,98
Total des frais spéciaux de traitement pour 1.000k de zinc brut en lingots. . .	186f,56

La refonte du zinc destiné au laminage s'opère encore généralement en Silésie dans des pots en fonte *f, f*, chauffés comme l'indiquent les fig. 2584 à 2586. Les





2586.

fours à réverbère employés en Belgique, et que nous avons précédemment décrits, sont bien préférables. Le laminage n'offre de particulier que la disposition des fours à réchauffer qui, n'ayant besoin que d'une très faible température, sont presque toujours chauffés par les flammes perdues des fours servant à la refonte du zinc.

II. *Fabrication du zinc métallique avec la blende.*

La fabrication du zinc métallique avec la blende ou sulfure de zinc n'offre pas de difficultés.

On fait d'abord subir à la blende en morceaux un premier grillage qui a pour but de chasser la plus grande partie du soufre et de la désagréger. On peut, comme en Angleterre, opérer ce grillage dans des fours à réverbère, mais il est préférable d'employer des fours analogues aux fours à chaux continus, ou bien des fourneaux à cuve à courant d'air forcé. Le soufre que renferme le minerai fait qu'il n'est nécessaire de n'ajouter du combustible qu'au commencement de la mise en feu : sur les bords du Rhin, à Linz, où le grillage se fait dans des fourneaux à courant d'air forcé, on charge avec la blende un peu de nitre et on emploie le mélange gazeux qui se dégage, au gueulard, à la fabrication de l'acide sulfurique, ou plutôt de sulfates de fer et de cuivre, en le faisant arriver, mélangé de vapeur d'eau produite par un générateur particulier, sous des grilles en pierre recouvertes de minerai de cuivre non sulfuré ou de peroxyde de fer hydraté. On recueille en outre une certaine quantité de soufre qui se liquéfie et se rassemble au-dessous de la tuyère.

Le minerai une fois grillé est ensuite finement pulvérisé et on termine le grillage dans un four à réverbère, ordinairement chauffé par les flammes perdues du four de réduction.

La réduction du minerai complétement grillé n'offre aucune difficulté, à cela près que les matières étant réduites en poussière très fine, leur réduction s'opère plus lentement et le zinc se dégage moins facilement ; il en est de même du reste ainsi très souvent, nous ne savons trop pourquoi, dans la méthode belge, où il serait certainement beaucoup plus avantageux de ne pas pulvériser la calamine calcinée, mais seulement de la concasser ; ici, au contraire, il est impossible de ne pas pulvériser finement la blende, afin d'obtenir un grillage complet. Les fours de réduction sont d'ailleurs les mêmes que pour la calamine.

III. *Fabrication du blanc de zinc.*

Cette fabrication, très intéressante sous tous les rapports, vient d'être l'objet de brevets d'invention pris en France et à l'étranger ; des circonstances particulières nous forcent à en renvoyer la description au prochain SUPPLÉMENT de cet ouvrage.

Statistique.

Il est extrêmement difficile d'évaluer la production du zinc, parce qu'il s'élève à chaque instant de nouvelles usines par suite de la consommation toujours croissante de ce métal. La production annuelle est d'environ 274.000 quint. métriques répartis comme suit :

Haute-Silésie.	107.000 quint. métr.
Pologne contiguë. . . .	57.000 —
Belgique et Prusse rhénane.	100.000 —
Angleterre.	6.000 —
Espagne (Castille). . .	3.000 —
Carinthie, Hartz, etc. .	1.000 —
	274.000 quint. métr.

Le prix de vente n'en est pas moins variable ; ainsi il était :

En 1820.	442f le quint. métr.
1829.	22f,50 —
1836.	40f à 60f —
1841.	60f à 90f —
1842.	95f à 100f —
1846 (septembre). .	55f —

P. DEBETTE.

ZIRCON. Voyez GEMMES et LAPIDAIRE.

FIN.

Imprimerie de GUSTAVE GRATIOT, 44, rue de la Monnaie.

Digitized by Google

Digitized by Google

Techn. 51 P 4°



SECONDE ÉDITION

DICTIONNAIRE
DES
ARTS ET MANUFACTURES
DE L'AGRICULTURE, DES MINES, ETC.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR MESSIEURS

ALCAN, Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. — BARRAL, Répétiteur à l'École Polytechnique. — BARRAULT, Ingénieur civil. — V. BOIS, Ingénieur. — BRUN, ancien Imprimeur. — D'ARCET, de l'Institut (Académie des Sciences). — DEBETTE, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur des Mines. — P. DESORMEAUX, auteur de plusieurs ouvrages de Technologie. — DUBIED, Ingénieur-Constructeur. — EBELMEN, Professeur à l'École des Mines, Directeur de la Manufacture de Sèvres — FAURE, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. — GIBON, ancien Élève de l'École centrale, Directeur de forges. — GROUVELLE, Ingénieur civil. — HANRIOT, Directeur de Papeterie. — JOBARD, Directeur du Musée de l'Industrie belge. — KNAB, Ingénieur. — Ch. LABOULAYE, ancien Élève de l'École Polytechnique, Membre du comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement. — MALLET, Chimiste. — MANGON, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées. — ROUGET DE LISLE, Ingénieur-Manufacturier. — SALLANDROUZE-LAMORNAIX, Membre du Conseil général des Manufactures. — P. TOURNEUX, ancien Élève de l'École Polytechnique, Chef du bureau des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics. — VINCENDON-DUMOULIN, Ingénieur Hydrographe de la Marine, et un grand nombre d'Ingénieurs et de Fabricants.

PUBLIÉ PAR M. C. LABOULAYE

Ouvrage formant 4 tomes ou 2 très forts volumes in-4°

ET ILLUSTRÉ DE 3,000 GRAVURES SUR BOIS INTERCALÉES DANS LE TEXTE

représentant les Machines et Appareils employés dans l'Industrie.



PARIS. — BUREAU DE LA PUBLICATION, QUAI MALAQUAIS, 15 (LIBRAIRIE COMON).

Digitized by Google

PROSPECTUS

Ce qui fait le plus d'honneur à notre époque c'est, sans contredit, l'immense développement du travail industriel, la création incessante de procédés et de méthodes nouvelles qui se succèdent chaque jour pour faire éclore de nouveaux produits ou mettre ceux déjà connus à la portée de tous. Le moindre examen fait bientôt reconnaître que la cause de tant de progrès réside surtout dans les sciences auxquelles la routine cède partout le pas, que les progrès des sciences physiques, la mécanique, la chimie fournissent chaque jour de nouvelles ressources au travail, à la production de la richesse.

Le rôle éminent de la France dans l'œuvre commune à toute l'humanité est surtout d'avoir bien compris cette cause de succès, d'avoir fait reposer le progrès industriel sur le développement des sciences et des beaux-arts, sur l'étude des lois qui trouvent leur application dans l'industrie. Les travaux de nos savants, des Monge, Gay-Lussac, Poncelet, d'Arcet, etc., sont à juste raison célèbres dans le monde entier.

C'était donc une œuvre qui revenait à la France après les grands travaux accomplis dans des voies diverses, et afin de pouvoir accomplir de nouveaux progrès, que celle de publier une *Encyclopédie Technologique* présentant un exposé complet du travail industriel, de dresser l'inventaire des derniers progrès accomplis. Cette œuvre, que rendaient vraiment utile les travaux de savants éminents sur les théories des sciences industrielles, qui donnent la raison et rendent intéressante l'étude des procédés, les grandes solennités industrielles qui ont passé dans nos mœurs permettent de l'accomplir d'une manière bien plus satisfaisante qu'il n'avait été possible de le faire jusqu'ici. L'Exposition universelle de Londres, notamment, a récemment fixé pour les personnes studieuses, l'état des procédés de l'industrie chez toutes les nations les plus avancées. Or pour que ces grands spectacles soient une puissante cause de progrès, pour en retirer toute l'utilité désirable, il importe non-seulement d'examiner les produits, mais surtout de connaître les méthodes qui permettent de créer les produits.

Nous avons voulu réaliser dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* une Exposition des procédés de l'industrie, plus importante encore que celles des produits, et qui peut seule les rendre profitables; et si depuis l'épuisement de la première édition nous avons laissé manquer dans la librairie un ouvrage bien favorablement accueilli, c'est que nous voulions répondre à l'empressement du public, en comblant toutes les lacunes d'un premier travail, de manière à pouvoir lui offrir un répertoire vraiment complet des procédés de l'industrie moderne. Un ouvrage semblable ne peut rendre en effet tous les services qu'on peut en attendre, il ne peut devenir dans toutes les directions la base d'améliorations importantes en élevant le niveau des connaissances, qu'autant qu'aucune industrie essentielle n'aura échappé à l'attention des auteurs. C'est donc une bonne fortune, unique jusqu'à ce jour, et une cause de supériorité inespérée pour notre publication, qu'un succès ayant permis de refondre un ouvrage tel que le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, c'est-à-dire l'ouvrage qu'il est peut-être le plus difficile de compléter, eu égard à l'immense quantité de matériaux à réunir pour embrasser tous les procédés, toutes les méthodes nécessaires à la création de la multitude d'objets divers que comprend l'ensemble du travail industriel.

Nous espérons, et le magnifique succès qu'a déjà obtenu cette seconde édition peut nous le faire dire avec certitude, que notre œuvre restera une des bases les plus solides des progrès de l'industrie; qu'elle sera consultée avec fruit par toutes les personnes qui ont intérêt à s'occuper des questions industrielles. Savants appliqués à la recherche des lois de la nature, administrateurs dirigeant les forces sociales, ingénieurs, capitalistes, fabricants, ouvriers, commerçants, etc., tous y puiseront des renseignements utiles pour l'œuvre immense qui est la vie même de la société. Les jeunes gens qui débutent dans la carrière y puiseront surtout l'esprit de l'industrie moderne, la méthode qui permet d'améliorer les procédés, de réaliser constamment de nouveaux progrès.

C'est pour nous un beau jour que celui où nous terminons une œuvre bien difficile, et que nous ne pouvions espérer conduire à bonne fin d'une manière aussi satisfaisante. Nous en attribuons tout le mérite aux collaborateurs qui ont secondé nos efforts, et nous sommes certains que le public producteur, juste appréciateur de tout le mérite de leurs travaux, leur saura gré de leur dévouement à une œuvre aussi utile.

Pour donner idée de l'ouvrage nous en joignons ici la table des matières.

Digitized by Google

TABLE

DU

DICTIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES.

INTRODUCTION.

Importance de la technologie. — Sa classification. — Divers systèmes proposés. — Utilité d'une semblable étude pour effacer les défauts d'une encyclopédie par ordre alphabétique, si avantageuse pour la facilité des recherches. —Liaisons intimes des sciences et des arts. — Le meilleur système est celui qui rattache la classification de la technologie à celle des sciences physiques, celle des procédés à celle des lois sur lesquelles ils reposent. — Indication sommaire des connaissances que les sciences mettent à la disposition du travail industriel. — De la méthode scientifique et des sciences en général. — Règles pour la direction de l'esprit de Descartes.

Sciences pures. — I. Mathématique. — Science des lois en elles-mêmes. — II. Géométrie. — Science de la mesure de l'étendue. — III. Mécanique rationnelle. — Science du mouvement et des causes de mouvement. — De l'ensemble de la science mathématique.

Sciences physiques. — IV. Physique. — Constitution intime des corps. — Pesanteur. — Chaleur. — Électricité. — Magnétisme. — Électro-magnétisme. — Acoustique. — Lumière. — 1. PHYSIQUE INDUSTRIELLE.

V. Chimie. — Lois de la chimie. — De la combinaison des corps. — 2. CHIMIE INDUSTRIELLE.

VI. Biologie.—Physiologie végétale. — Classification des végétaux. — Zoologie. — Circulation. — Respiration. — Système nerveux. — Classification des animaux. — 3. BIOLOGIE INDUSTRIELLE. — Agriculture.

Sciences appliquées. — 4. MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. *Cinématique* ou science du mouvement en lui-même. — *Mécanique appliquée aux machines.* — Récepteurs. — Outils et machines. — Fabrications mécaniques. — Résistances qui s'opposent au mouvement.

5. GÉOMÉTRIE INDUSTRIELLE. — Arts de construction. — Arts d'imitation.

Résumé. — Classification suivie dans la table. — 1. Physique industrielle. — 2. Chimie industrielle. — 3. Biologie industrielle. — 4. Mécanique industrielle. — 5. Géométrie industrielle.

PREMIÈRE SECTION.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE.

La physique industrielle comprend les applications au travail industriel des théories auxquelles conduit l'étude des grandes forces naturelles, la connaissance des lois générales des phénomènes que l'observation nous révèle. Les résultats des recherches physiques fournissent directement les règles de la pratique.

La physique industrielle comprend :

1° La connaissance de la constitution des corps, l'effet des forces, notamment de la pesanteur, sur les molécules matérielles, au moins à l'état statique, la mécanique physique comprenant le complément de cette étude.

2° Les règles pour l'emploi dans les arts de la chaleur, c'est-à-dire de l'agent presque universel du travail industriel, tant à cause de son emploi direct aux besoins de l'homme que pour aider à la transformation des corps par action chimique et créer la puissance à l'aide des machines à feu. Il est inutile d'insister sur l'importance de cette partie fondamentale de la science industrielle.

3° Les applications modernes si intéressantes de l'électricité, tant de l'électro-chimie que de l'emploi des courants électriques à la télégraphie. Les travaux consacrés à ces belles questions constituent la première tentative d'un traité de l'application de l'électricité aux arts.

4° Les lois des phénomènes de la vibration des corps sonores, les principes de l'acoustique, sur lesquels reposent la construction des instruments de musique.

5° Les règles pour la construction des appareils d'éclairage, les actions physiques et chimiques de la lumière, les effets de contraste des couleurs, les études des divers phénomènes lumineux. La question de l'éclairage comme celle du chauffage est à étudier pour la bonne organisation de tous les établissements industriels.

Digitized by Google

Constitution intime du corps.

DURETÉ. — DUCTIBILITÉ. — MALLÉABILITÉ. — ÉLASTICITÉ des principaux corps. — RESSORTS.

CRISTALLISATION.

ADHÉSION. — Des corps au contact. — Adhésion des liquides. — Machine de Véra.

GÉLIVITÉ DES PIERRES.

HYGROMÉTRIE.

CAPILLARITÉ.

FILTRATION (par *M. Rouget de Lisle*). — Historique. — Considérations générales par M. Arago. — Filtration en grand. — Appareils de Toulouse. — Appareils de Londres.

Petits appareils. — Filtre Ducommun. — Filtre Réal. — Filtre Fonvielle. — Manière de monter le filtre. — De le nettoyer. — Quantités d'eau filtrées. — Filtre Lanay. — Filtre Souchon.

Filtres industriels.—Leur emploi pour des substances autres que l'eau. — Filtre Dumont à noir animal. — Filtres Tard, à pâte de papier. — Étude détaillée de ces filtres.

GAZ.

RÉGULATEUR DE PRESSION.

MANOMÈTRES (par *M. Debette*). — Instruments propres à mesurer la pression des gaz. — Manomètre à air libre. — Manomètre Journeux de l'invention de M. Galy-Cazalat. — Manomètre métallique de Bourdon. — Son emploi pour l'épreuve des chaudières. — Manomètre Richard. — Manière d'introduire le mercure et l'eau dans les tubes.

Pesanteur.

DENSITÉ des principaux corps.

POIDS ET MESURES adoptés par les diverses nations.

BALANCE (par *M. Debette*). — Conditions auxquelles doivent satisfaire de bonnes balances. — Romaine. — Peson. — Bascule.

ARÉOMÈTRE. — Emploi de cet instrument pour obtenir la densité d'un liquide. — Aréomètre à poids variable. — A volume variable. — Tableaux pour l'emploi de l'aréomètre de Baumé et pour celui de Cartier.

ALCOOLOMÈTRE. — Tables pour son emploi.

FLOTTEUR.

OLÉOMÈTRE (par *M. Girardin de Rouen*). — Oléomètre à chaud de M. Laurot. — Oléomètre à froid de M. Lefebvre. — Tableaux pour l'emploi de l'Oléomètre. — Elaïomètre de M. Gobley.

Précautions à observer dans l'emploi des Oléomètres.

CLINOMÈTRE. — Instrument qui permet d'apprécier l'inclinaison d'un navire.

SYPHON.

AÉROSTAT. — Montgolfière. — Ballon de Charles. — Direction des ballons. — Impossibilité par moyens mécaniques démontrée par M. Navier. — Ballons captifs. — Réunion d'un ballon et d'un cerf-volant, proposée par M. Transon.

PENDULE. — Voir HORLOGERIE.

Chaleur.

CHALEUR.

THERMOMÈTRE. — Manière de construire le thermomètre à mercure. — Thermomètres métalliques. — Pyromètres. — Pyromètre de Wedgwood.

DILATATION. — Des divers corps.

BRIQUET. — A silex. — A gaz hydrogène. — Phosphorique.

ALLUMETTES. — Allumettes dites chimiques. — Allumettes sans explosion. — Allumettes sans soufre. — Allumettes-bougies.

AMADOU.

COMBUSTIBLES.-COMBUSTION (par *M. Ébelmen*). — De la chaleur produite par la combustion. — De la température de combustion.

DES DIVERS COMBUSTIBLES. (Mesure de leur pouvoir calorifique). — Bois. — Charbon roux. — Charbon. — Tourbe. — Houilles de diverses formations. — Coke.

DE L'EMPLOI DES COMBUSTIBLES. — Foyers de chaudières à vapeur. — Fourneaux à réverbère. — Fours à porcelaine. — Appareils à vent forcé. — Hauts-fourneaux. — Cubilots.

DE LA COMBUSTION DES GAZ. — Application de la théorie aux hauts-fourneaux. — De la transformation des combustibles en gaz, — par distillation, — par l'action de la vapeur d'eau, — par l'action de l'air seul.

Dessin et description d'un appareil servant pour cette transformation. — Résultats d'expériences. — Importance de ce nouveau mode d'emploi de combustibles.

CHALUMEAU AÉRHYDRIQUE (par *M. Delbrück.*) — Dessin et description de l'appareil. — Chalumeau à vapeurs combustibles.

GRILLAGE DES TISSUS à l'aide de gaz combustibles.

CALORIE (par *M. Laboulaye*). — Comment se produit le travail dû à un changement de température. — La puissance motrice d'une même quantité de chaleur est constante quel que soit le corps échauffé. — Vérification de cette loi par le calcul à l'aide de données fournies par les expériences de la physique. — Corps solides. — Liquides. — Gaz. — Vapeurs.

Résultat fondamental pour la théorie de la machine à vapeur.

FLAMME.

LAMPE DE SURETÉ. — Propriété des toiles métalliques. — Description de la lampe de Davy. — Perfectionnements apportés par Mueseler, — par M. Combes.

CHEMINÉE. — Théorie de l'ascension des produits de la combustion. — Construction des cheminées. — De la hauteur des cheminées des usines.

TIRAGE. — Tirage par la fumée en partie refroidie. — Tirage par l'air brûlé refroidi. — Tirage produit par un jet de vapeur. — Tirage par procédés mécaniques. — Comparaison du prix de revient du tirage dans ces divers systèmes.

FUMÉE (par *M. Debette*). — Moyens de prévenir la fumée. — Systèmes de condensation de Ward, Vivian, etc. — Courant d'air additionnel, expériences de M. Combes. — Emploi de la vapeur d'eau. — Distributeurs mécaniques. — Grilles de M. Juckes.

ESCARBILLES.

VAPEUR. — Propriétés de la vapeur. — Tableau des forces élastiques de la vapeur d'eau de zéro à 150°. — Résultats des expériences de M. Regnault.

Etat sphéroïdal des liquides, expériences de M. Boutigny.

Perfectionnements récents apportés à la construction des chaudières à vapeur. — (Voir l'article ci-après.)

Chaudières Farcot. — Chaudière Belleville.

Vapeur surréchauffée.

CHAUDIÈRES A VAPEUR (par *M. Debette*). — De la forme la plus convenable des chaudières. — Chaudière de Newcomen. — Chaudière de Watt. — Chaudière cylindrique à bouilleurs. — Chaudière cylindrique sans bouilleurs.

Chaudières des bateaux. — Chaudières des locomotives.

Alimentation des chaudières.

Réservoirs et prise de vapeur.

Appareils de sûreté. — Soupapes de sûreté. — Mano-

Digitized by Google

mètre à air libre. — Thermomanomètre. — Indicateurs de niveau et flotteurs d'alarme.

Dépôts qui se forment dans l'intérieur des chaudières. — Des explosions.

CHAUFFAGE (par *M. Grouvelle*).

I. CHAUFFAGE DIRECT PAR LA COMBUSTION.

II. CHEMINÉES. — De Rumford. — A foyer mobile. — De Millet. — Cheminées à coke. — Cheminées qui fournissent de l'air chaud.

III. POÊLES. — De M. Chevalier. — De M. Duvoir. — Pour anthracite.

IV. CHEMINÉES-POÊLES. — Cheminées à la prussienne.

V. CALORIFÈRES. — De M. R. Duvoir. — Anglais. — De M. Grouvelle.

VI. CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR. — Dimensions du générateur, des tuyaux en proportion de l'espace à chauffer. — Mode d'assemblage. — Poêles à vapeur. — Chauffage de l'Institut.

VII. CHAUFFAGE PAR CIRCULATION D'EAU CHAUDE. — Circulation à basse pression. — Poêles d'eau. — Chauffage des serres. — Chauffage de la Chambre des pairs, par M. Léon Duvoir.

Circulation d'eau à haute pression. — Appareils de Perkins.

VIII. CHAUFFAGE PAR VAPEUR ET CIRCULATION D'EAU CHAUDE. — Avantages qu'offre la réunion des systèmes. — Application faite par M. Grouvelle au chauffage de la prison de la nouvelle Force.

Considérations générales sur le chauffage des établissements publics, des serres, etc.

Nouveaux résultats récemment obtenus.

FOURNEAUX DE CUISINE. — Travaux de Rumford. — Fourneaux de la Charité. — Emploi du bain-marie. — Fourneaux des Jeunes-Aveugles.

Appareil Harel.

Fourneaux construits par M. Grouvelle pour la Société hollandaise.

TREMPE (par *M. Laboulaye*). — Effets de la trempe dans l'air. — Expériences de Karstern. — Effets de la trempe sur le bronze. — Explication probable des phénomènes de durcissement et de ramollissement produits par la trempe. — Du chauffage à un point fixe. — Des bains métalliques. — Du recuit. — Trempe des principaux outils. — Trempe des scies et ressorts de montre. — Procédé Griset pour la trempe des laminoirs d'acier.

Trempe au paquet. — Trempe régulière à l'aide du chauffage au gaz produisant une température constante.

ÉBULLITION. — Point d'ébullition de l'eau en raison des hauteurs. — Point d'ébullition de divers liquides. — Digesteur de Papin. — Autoclave de d'Arcet. — Point d'ébullition des dissolutions salines. — Expériences de M. Legrand.

FUMIGATION.

ÉVAPORATION. — Évaporation spontanée à l'air libre. — Évaporation par un courant d'air forcé. — Travaux de Montgolfier, Curandau, Kneller, Brame-Chevalier.

Évaporation à vases ouverts par l'action directe d'un foyer. — Maximum théorique que peut évaporer 1 kil. de houille. — Disposition des foyers et des chaudières pour se rapprocher de ce maximum.

Évaporation par chauffage à la vapeur. — Avantages de cette méthode. — Cas où elle est applicable.

Évaporation dans le vide. — Appareil anglais. — Appareil de Howard. — Système Degrand.

SÉCHOIR. — Séchage à l'air chaud. — Quantité d'air chauffé à diverses températures, nécessaire pour enlever un kil. d'eau. — Séchage à la vapeur.

DISTILLATION. — Fabrication de l'eau-de-vie au moyen des sucs végétaux sucrés. — Au moyen des matières milacées, grains, genièvre, pommes de terre.

ALAMBIC. — Appareil de Cellier-Blumenthal. — Alambics employés en Angleterre.

CARBONISATION (par *M. Debette*).

CARBONISATION DU BOIS. — Procédé de M. Schwartz. — Procédé de M. Foucault. — Carbonisation en tas rectangulaires. — Carbonisation en meules.

Théorie de la carbonisation d'après les travaux de M. Ebelmen.

CARBONISATION DE LA HOUILLE. — Méthode du Straffordshire. — Méthode du pays de Galles. — Méthode du bassin de la Loire. — Carbonisation dans des fours.

CARBONISATION DE LA TOURBE. — En meules. — En vases clos.

COKE (par *M. Debette*). — Utilité du lavage de la houille. — Procédés usités en Belgique. — Prix de revient.

Fours pour préparer le coke de chemins de fer. — Fours du chemin de Boulogne.

FUSIBILITÉ. — Des principaux corps.

CALCINATION.

SUBLIMATION.

RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE (par *M. Grouvelle*). — Thermostat. — Régulateur de Sorel.

RÉFRIGÉRANT. — Opérant par rayonnement dans l'air. — Par contact de l'eau froide passant de la partie la moins chaude à la plus chaude. — Dessins et descriptions de plusieurs appareils dans lesquels cette condition est satisfaite.

Appareils dans lesquels le refroidissement est obtenu par l'évaporation.

CONGÉLATION, ou production de froid. — 1° Par dilatation des gaz; — 2° par évaporation; — 3° par mélanges frigorifiques. — Tableau de l'abaissement de température obtenu par divers mélanges. — Dispositions d'un appareil pour la production de la glace.

GLACIÈRE.

VENTILATION (par *M. Grouvelle*). — Moyens de mesure. — Anémomètre. — Hygromètre. — Conditions de salubrité. — Procédés divers de ventilation. — Emploi de la chaleur. — Emploi des forces mécaniques. — Ventilateurs. — Machines à cloche. — Vis pneumatique. — Vis Fabry. — Tableau des résultats obtenus, et prix du mètre cube d'air évacué pour chaque système.

Application des principes à la ventilation des hôpitaux, — des prisons, — des prisons cellulaires, — des fosses d'aisances, — du dépotoir de la Villette, — des théâtres.

Électricité.

ÉLECTRICITÉ. — Phénomènes électriques. — Pile de Volta. — Effets physiques de la pile. — Effets chimiques. — Pile à auges. — Pile de Wollaston.

PARATONNERRE.

GALVANOPLASTIE (par *M. Barral*). — Histoire de la découverte.

APPAREILS GALVANIQUES. — Appareils simples. — Pile de Daniell. — Pile de Grove. — Pile de Bunsen. — Pile du prince Bagration.

DES BAINS. — Bains de cuivre. — Bains de plomb. — Bains d'étain.

DES MOULES. — Moules métalliques. — Moules plastiques. — Cire à cacheter. — Cire vierge. — Stéarine. — Papier et plâtre. — Soufre.

MÉTALLISATION DES MOULES. — Solutions métalliques. — Poudres métalliques. — Métallisation des poteries et des verres.

Des soudures.

APPLICATIONS DE LA GALVANOPLASTIE. — Reproduction des monnaies et médailles. — Copie des cachets, empreintes. — Galvanisation des statuettes, bas-reliefs. — Reproduction des végétaux. — Applications à l'art du fondeur. — A la métallurgie. — Étamage des glaces par l'argent. — Reproductions de planches gravées. — Gravure directe des planches de cuivre ou d'acier. — Galvanographie. — Reproduction des épreuves daguerriennes.

Digitized by Google

DORURE GALVANIQUE (par *M. Barral*). — Historique de l'invention de ce procédé. — Dispositions adoptées chez MM. Christofle et compagnie. — En quoi consiste essentiellement la découverte d'Elkington. — Composition des bains. — Revivification des bains. — Argenture. — Platinage. — Cuivrage. — Zincage. — Plombage. — Cobaltisage.

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE (par *M. Bréguet*). — Principes de ce nouveau mode de télégraphie. — Télégraphe de l'administration française. — Historique. — Idées d'Ampère. — Télégraphe de Schilling. — De Wheastone. — Dessin et description du télégraphe à cadran, — du télégraphe mobile pour chemins de fer. — Télégraphe de Morse, — de Wheastone. — Télégraphe de M. Bain. — Principes de la construction des horloges électriques. — Applications diverses de l'électricité.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — Résultats obtenus jusqu'à ce jour. — Appareils pour rendre la lumière durable — de M. Foucault — de Staite — de Soleil. — Difficultés et avenir de ce mode d'éclairage.

AIMANT.

BOUSSOLE.

Acoustique.

ACOUSTIQUE. — Échelle musicale. — Gamme. — Dièzes et bémols. — Tempérament. — Accords.

Mesure des sons. — Sirène.

Des différentes manières de produire les sons. — Cordes vibrantes. — Vibration des tiges. — Vibration de l'air dans les tuyaux d'orgue.

MUSIQUE (FABRICATION DES INSTRUMENTS DE) (par *M. Silbermann*). — Principes de l'acoustique industrielle. — Tableau de la série entière des sons musicaux avec l'étendue tonale du plus grand nombre des instruments usités. — Classification des instruments de musique au point de vue acoustique, — au point de vue industriel.

TÉLÉGRAPHIE PNEUMATIQUE.

Lumière.

KALÉIDOSCOPE. — Théorie de cet instrument. — Son emploi dans le dessin industriel. — Disposition commode pour dessiner l'image produite.

DIORAMA (d'après *M. Daguerre*). — Description des procédés de peinture et d'éclairage inventés par M. Daguerre.

PANORAMA.

INSTRUMENTS D'OPTIQUE.

MICROSCOPE (par *M. Lerebours*). — Historique. — Principes de construction. — Systèmes principaux. — Emploi du microscope dans l'industrie. — Illusions. — Microscope solaire.

POLARIMÈTRE (Voy. SUCRE).

Mode d'opérer. — Description du polarimètre de Soleil. — Exemples d'applications.

TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE (par *M. Meunier*). — Historique. — Découverte de Chappe. — Description du télégraphe français. — Systèmes divers.

PHOTOGRAPHIE-DAGUERRÉOTYPIE (par *M. Lerebours*). — Invention. — Manière d'opérer. — Chambre noire. — Choix et polissage des plaques. — Iodage des plaques. — Des substances accélératrices. — De l'exposition au mercure. — Lavage à l'hyposulfite de soude. — Fixage des épreuves au chlorure d'or. — Portraits. — Collodion. — Albumine. — Photographie sur papier. — Papier ciré de M. Legray. — Épreuves positives et négatives. — Multiplication des épreuves. — Copie des gravures. — Gravure photographique. — Papiers photogéniques, — de M. Talbot. — Gravure de M. Talbot, — de M. Niepce. — De la Photo-lithographie.

COULEURS.

CONTRASTE DES COULEURS (par *M. Rouget de Lisle*). — Des gammes et des tons des couleurs. — Table chromatique des couleurs. — Tableau des variations qu'éprouvent les principales couleurs quand elles sont juxtaposées, d'après M. Chevreul. — Application des principes à des exemples pris dans l'industrie.

ÉCLAIRAGE (par *M. Gibon*). — Résumé des propriétés physiques de la lumière. — Photométrie.

ÉCLAIRAGE PAR LES MATIÈRES SOLIDES. — Chandelles. — Bougies.

ÉCLAIRAGE PAR LES HUILES. — LAMPES. — Becs des lampes. — Bec d'Argand. — Bec de la lampe sinombre. — Bec à mèches multiples.

Réservoirs placés au niveau des becs. — Réservoirs supérieurs aux becs. — Lampe de bureau. — Réservoirs inférieurs aux becs. — Lampe à ressort, — à modérateur. — Lampe Girard. — Lampe hydrostatique. — Lampe Carcel. — Lampe solaire.

ÉCLAIRAGE AU GAZ. — Historique. — *Distillation de la houille.* — Formes des cornues. — Description des fours. — Fours pour l'emploi du goudron pour le chauffage des cornues. — Réunion des fours.

De la condensation et de l'épuration. — Vue d'ensemble d'une usine à gaz. — Procédé Mallet pour l'épuration du gaz par voie humide. — Emploi du lait de chaux. — Disposition de l'appareil Mallet. — Voie sèche. — Sulfate de plomb. — Sulfate de chaux. — Oxyde de fer hydraté.

(La fabrication et l'épuration du gaz devraient être placées à la chimie, s'il était possible de diviser l'article qui doit être classé en raison de son caractère principal.)

Distribution du gaz. — Compteurs. — Gazomètres. — Gazomètres télescopiques. — Sortie du gaz du gazomètre. — Appareil pour mesurer la pression du gaz à sa sortie. — Gazo-compensateur de M. Pauwels. — Des diverses espèces de tuyaux. — Tuyaux de fonte. — Tuyaux en grès. — Tuyaux Chameroy. — Tuyaux de plomb. — Tuyaux en zinc.

Éclairage. — Du pouvoir éclairant. — Des becs. — Bec Macaud. — Bec Gillard. — De la combustion. — Influence du courant d'air. — Nombre de trous.

Gaz portatif non comprimé. — Gaz comprimé. — Gaz de l'huile. — Gaz de résine. — Gaz préparé avec les hydro-carbures. — Gaz au bois. — Gaz à l'eau. — Système Gillard. — Ses avantages et ses inconvénients.

ÉCLAIRAGE PAR LES CARBURES D'HYDROGÈNE (par *M. Mallet*). — Alcoolat. — Lampes Robert. — Inconvénients et avantages de l'éclairage au gazogène.

Huiles essentielles et huiles de schiste. — Insufflation d'air. — Bec Rouen. — Lampe Breuzin pour brûler les huiles de schiste. — Éclairage à grands foyers. — Système de M. Gaudin. — Gaz sidéral.

PHARE (par *M. Mangon*). — Construction des phares. — Échafaudage. — Montage et apprêt des matériaux. — Éclairage des phares. — Lampes. — Lentilles à échelons de Fresnel. — Disposition des diverses lentilles. — Portée des phares. — Intensité de leur lumière.

Digitized by Google

DEUXIÈME SECTION.

CHIMIE INDUSTRIELLE

La chimie industrielle comprend l'étude, l'analyse de tous les corps qui se trouvent dans la nature, les lois de la préparation de tous ceux qui peuvent être obtenus par des transformations, par l'action mutuelle de corps convenablement disposés.

Presque tous les résultats de la science chimique constituent autant d'industries, puisqu'ils mènent le plus souvent à la préparation d'un corps déterminé, à son isolement d'une combinaison dans laquelle il est engagé, ou inversement. En parcourant cette table on apercevra facilement combien de produits nouveaux sont nés des progrès de la science; combien de procédés, grâce à celle-ci, ont été heureusement simplifiés.

La chimie industrielle comprend :

1° L'étude des métalloïdes et de leurs combinaisons entre eux, comprenant les principaux acides, agents essentiels des industries chimiques.

2° Celle des métaux terreux, comprenant les bases les plus énergiques et les sels qu'elles forment avec les acides.

3° Celle des métaux proprement dits, dont l'extraction forme une des principales divisions du travail industriel.

4° La chimie végétale, l'étude des principes élémentaires des végétaux, l'extraction des substances utiles qu'ils renferment.

5° Les substances colorantes, les substances en général d'origine végétale qui sont utilisées pour la teinture.

6° La chimie animale, l'étude des substances qu'il est possible d'extraire des corps d'origine animale, et les moyens de conserver ceux-ci sans altération.

Métalloïdes.

OXYGÈNE.

HYDROGÈNE.

EAU.

DÉPLACEMENT (méthode de). — Conditions auxquelles elle satisfait. — D'obtenir des solutions concentrées au maximum. — D'épuiser complétement les matériaux renfermant la substance soluble en employant le minimum de liquide. — Application de cette méthode au lessivage des platras salpêtrés.

EFFLORESCENCE.

DÉLIQUESCENCE.

AZOTE.

AIR ATMOSPHÉRIQUE.

ACIDES.

ACIDE NITRIQUE OU AZOTIQUE (par *M. Knab*). — Propriétés. — Composition. — Point d'ébullition à diverses densités. — Préparation. — Dosages. — Disposition de l'appareil.

AMMONIAQUE. — Propriétés. — Extraction du sel ammoniacal, — des substances animales, — des eaux de condensation du gaz d'éclairage.

SOUFRE (par *M. Debette*). — Propriétés. — Soufrières de la Sicile. — Exploitation du soufre brut. — Purification du soufre. — Soufre en fleur. — Extraction du soufre des pyrites.

ACIDE SULFUREUX. — Propriétés. — Préparation. — Soufroir. — Disposition de d'Arcet pour bains sulfureux.

ACIDE SULFURIQUE (par *M. Mallet*). — Propriétés de l'acide anhydre, — de l'acide ordinaire. — Sa composition. — De l'acide de Nordhausen.

Préparation de l'acide sulfurique ordinaire. — Théorie des chambres de plomb. — Dessin et description de ces chambres. — Appareil dénitrifieur de Gay-Lussac.

Maladie des chambres.

Concentration de l'acide. — Cornues de platine. — Syphon Bréant. — Concentration dans le vide.

Prix de revient de l'acide sulfurique.

Préparation de l'acide anhydre.

Préparation de l'acide de Nordhausen.

HYDROGÈNE SULFURÉ.

CHLORE. — Usages du chlore dans l'industrie. — Sa préparation.

CHLOROMÉTRIE. — Essai de la valeur des dissolutions de chlore.

ACIDE HYDROCHLORIQUE OU CHLORHYDRIQUE. — Propriétés. — Composition chimique. — Préparation. — Procédés des fours. — Disposition des cylindres. — Des bonbonnes dans lesquelles l'acide est condensé. — Appareil continu pour la condensation. Disposition usitée en Angleterre.

EAU REGALE.

BROME.

ACIDE HYDROBROMIQUE.

IODE.

ACIDE HYDRIODIQUE.

FLUOR.

PHOSPHORE.

Digitized by Google

ACIDE PHOSPHORIQUE.

ARSENIC.

ACIDE ARSÉNIEUX.

BORE.

ACIDE BORIQUE. — Procédé employé en Toscane pour le recueillir. — Système Larderelle.

SILICIUM.

SILICE.

QUARTZ.

CARBONE.

DIAMANT.

OXYDE DE CARBONE.

ACIDE CARBONIQUE.

ACIDE OXALIQUE.

HYDROGÈNE CARBONÉ.

HYDROCARBURES (par *M. Mallet*). — Préparation des hydrocarbures pour l'éclairage. — Extraction de la houille et du goudron du gaz. — Rectification. — Mode d'opérer de M. Barral. — Rectification dans le vide. — Rendement.

Appareil de M. Payen à vases successifs. — Distillation à l'aide de la vapeur d'eau surchauffée.

Distillation des schistes bitumineux. — Procédé Selligue. — Substances diverses fournies par la distillation.

CYANOGÈNE.

ANTHRACITE.

JAIS.

HOUILLE.

TOURBE.

GOUDRON MINÉRAL.

GOUDRON. — Goudron minéral artificiel. — Acide picrique. — Son emploi dans la teinture sur soie. — Houilles agglomérées à l'aide du goudron ou péras. — Charbon de Paris.

NAPHTE.

NOIR DE FUMÉE.

NOIR DE SCHISTE.

SUIE.

PARAFFINE.

PLOMBAGINE.

Métaux terreux.

GÉOLOGIE (par *M. Debette*). — Notions de géographie physique. — De l'atmosphère. — Des eaux. — Ecorce minérale du globe.

DES ROCHES. — Roches granitoïdes. — Roches porphyroïdes. — Roches trachytiques. — Roches amphiboliques. — Roches pyroxéniques. — Roches micacées. — Quartz. — Roches calcaires. — Laves. — Roches arénacées. — Argiles et marnes.

DIVISION DES TERRAINS.. — *Terrains sédimentaires.* — Tableau général des formations sédimentaires. — Alluvions. — Terrains tertiaires. — Terrains secondaires. — Terrains de transition.

TERRAINS IGNÉS, ou primitifs. — Des soulèvements. Disposition générale des masses qui forment le sol de la France.

MINÉRALOGIE (par *M. Debette*). — Caractères extérieurs des minéraux. — Caractères cristallographiques. — Types cristallins. — Détermination de la forme primitive et des formes secondaires d'un minéral. — Goniomètres.

Caractères physiques des minéraux. — Caractères chimiques. — Action des acides. — Des alcalis. — Essais par la voie sèche.

SELS. — Sulfates. — Nitrates.

HYDROCHLORATE D'AMMONIAQUE. — Préparation de ce sel. — Préparation du sulfate d'ammoniaque par le sel marin. — Sublimation du sel ammoniac.

CHLORURE D'ÉTAIN.

CHLORURES DE MERCURE.

PIERRES PRÉCIEUSES ARTIFICIELLES, — leur fabrication d'après *Ébelmen*.

POTASSIUM.

POTASSE. — Proportions de potasse contenues dans les cendres des principaux végétaux. — Lavage des cendres. — Évaporation.

Cendres gravelées. — Sels de potasse extraits des eaux-mères des marais salants.

Préparation de la potasse caustique.

POTASSIMÈTRE. — Procédé de M. O. Henri, pour l'essai alcalimétrique des potasses du commerce. — Dessin et description de l'appareil. — Exemple.

NITRATE DE POTASSE. — Extraction du salpêtre des plâtras.

POUDRE. — Historique. — Propriétés de la poudre. — Sa combustion. — Vitesse d'inflammation. — Vitesse de combustion. — Produits de la combustion. — Tension des gaz. — Travail produit par l'explosion.

MATIÈRES PREMIÈRES. — Salpêtre. — Extraction du salpêtre. — Lessivage des plâtras. — Évaporation. — Cristallisation. — Essai du salpêtre brut. — Raffinage. — Lavage. — Collage. — Cristallisation. — Arrosage. — Séchage. — Essai du salpêtre raffiné.

Charbon. — Bois convenables. — Carbonisation. — Soufre. — Distillation.

FABRICATION. — Dosage des poudres de plusieurs pays. — Description des pilons. — Trituration. — Mélange. — Humectation. — Compression. — Granulation. — Séchage. — Des meules. — Des presses. — Du guillaume et du tourteau.

Époussetage. — Lissage de la poudre.

Fabrications expéditives. — Poudres rondes. — Description des tonnes. — Poudres anglaises.

Embarrillage. — Emmagasinage.

Épreuves. — Éprouvette-Régnier. — Mortier-éprouvette. — Fusil-pendule.

Analyse de la poudre.

ARTIFICE. — Composition des diverses pièces employées pour feux d'artifice. — Feux de couleur.

ARTIFICES DE GUERRE. — Fusées à la Congrève.

CHLORATE DE POTASSE. — Ses propriétés. — Sa préparation. — Ses usages.

SODIUM.

SOUDE (par *M. Mallet*). — Sels de soude. — Extraction des plantes marines. — Extraction du sel marin. — Dessin et description du four employé à Marseille. — Théorie du procédé Leblanc. — Dosages. — Soude raffinée. — Lessivage par déplacement. — Cristaux de soude. — Préparation du bi-carbonate de soude. — Soude ou lessive caustique. — Procédé Becquerel pour la préparation de la soude par l'électricité.

Extraction de la soude des eaux-mères des marais salants. — Procédé Balard. — Extraction des sels de soude et de potasse des vinasses. — Appareils de M. Massy de Saint-Quentin.

SEL (par *M. Debette*). — Exploitation des puits et sources salées. — Bâtiments de graduation. — Evaporation dans les chaudières. — Conduite du travail. — Salinage.

Exploitation du sel gemme, — par puits et galeries, — par dissolution.

MARAIS SALANTS (par *M. Mangon*). — Usages du sel. — Sa composition chimique. — Salure de la mer.

Marais salants de l'Ouest. — Plan d'un marais salant. — Conduite du travail et succession des opérations. — Raffinage des produits.

Digitized by Google

Salines du Midi. — Différences avec celles de l'Ouest. — Sel plus pur que celui obtenu dans l'Ouest.

Traitement des eaux-mères. — Sel d'été. — Sulfate de soude.

Sel ignifère. — Extraction du sel par la gelée.

ALCALIMÈTRE de Decroizilles. — De Gay-Lussac.

BORAX. — Composition des diverses espèces de borax. — Préparation. — Raffinage du borax.

BARYTE.

STRONTIANE.

ALBATRE.

MARBRE.

PIERRE. — Classification des espèces diverses de pierre. — Silicatisation des pierres tendres.

PLATRE (par *M. Curtel*). — Propriétés. — Cuisson du plâtre. — Emploi du plâtre. — Plâtre durci ou aluné. — Stuc à la chaux et stuc au plâtre. — Prix de revient du plâtre.

CRAIE.

CHAUX. — Cuisson de la chaux. — Description des diverses espèces de four. — Avantages des fours continus.

MORTIER (par *M. Mangon*). — MATIÈRES QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DES MORTIERS. — Chaux grasses. — Chaux hydrauliques. — Procédés pour analyser les calcaires. — Fourneau pour les cuire. — Cuisson de la chaux. — Cuisson en tas. — Fours intermittents. — Fours à feu continu.

Fabrication de la chaux hydraulique artificielle. — Prix de revient.

Ciments. — Ciment anglais. — Ciment de Pouilly — Sable. — Pouzzolanes. — Pouzzolanes artificielles. — Leur préparation. — Arènes.

Matières diverses.

FABRICATION ET EMPLOI DES MORTIERS ET BÉTONS. — Extinction de la chaux. — Procédé ordinaire. — Extinction par immersion. — Extinction spontanée. — Dosage des mortiers. — Fabrication des mortiers. — A bras. — Manége à roues. — Prix de fabrication du mètre cube. — Tonneau à mortier de M. Roger. — Prix de fabrication du mètre cube. — Emploi et solidification des mortiers. — Fabrication du béton. — A bras. — Couloir à béton de M. Krantz.

Emploi et coulage du béton. — Coulage sous l'eau.

INCRUSTATIONS (par *M. Mallet*). — Dépôts de certaines fontaines. — Utilisation de cette propriété pour obtenir des moulages. — Dépôts dans les conduites d'eaux. — Moyen de les éviter.

INCRUSTATIONS DES CHAUDIÈRES A VAPEUR. — Dangers d'explosion qui résultent de la présence des dépôts calcaires. — Moyen de les éviter. — Emploi des pommes de terre. — Emploi de l'argile délayée. — Système Néron et Kurtz, emploi de décoctions de bois de teinture. — Système Kulmann.

CHLORURES DÉCOLORANTS.

CHLORURE DE CHAUX. — Son emploi dans le blanchiment. — Sa préparation sur une grande échelle. — Chlorure de magnésie. — Chlorure de potasse. — Chlorure de soude.

VERRE (par *M. Debette*). — Historique. — Propriétés physiques du verre.

Choix et préparation des matières premières. — Matières siliceuses. — Potasse. — Soude. — Sulfate de soude. — Sel marin. — Chaux. — Alumine. — Baryte. — Oxyde de plomb. — Péroxyde de manganèse. — Arsenic.

Combustibles. — Fours. — Creusets.

Verre soluble de Fuchs.

VERRE A BOUTEILLES. — Composition. — Fours.

VERRE A VITRES. — Procédés de fabrication. — Verre à vitres cannelé. — Globes. — Cloches. — Tubes de verre. — Verre filé. — Verres de montres.

VERRE DE BOHÊME. — Composition. — Organisation de cette industrie en Bohême.

CRISTAL. — Composition. — Travail.

VERRES D'OPTIQUE — Derniers travaux de M. Bontemps. — Flint-glass. — Crown-glass.

VERRES COLORÉS. — Rouge. — Rubis. — Rouge ancien. — Bleu. — Jaune. — Vert, etc.

Verres opalins. — Hyalithe.

Verres filigranés. — Verres mosaïques.

Taille des verres.

Décoration des verres. — Dorure. — Argenture. — Platinure. — Incrustations.

Peinture sur verre.

VERRE A GLACES. — Glaces soufflées. — Glaces coulées. — Fabrication — Polissage des glaces.

Étamage des glaces.

IMITATION DES PIERRES PRÉCIEUSES. Préparation du strass. — Strass incolore. — Topaze. — Rubis. — Émeraude. — Saphir. — Améthiste. — Grenat, etc.

SOUFFLER LE VERRE (par *M. Mangon*). — Lampe d'émailleur. — Couper les tubes. — Courber les tubes. — Fermer les tubes. — Souffler une boule. — Souder les tubes. — Fabrication d'un thermomètre. — D'un tube de Welter. — Filage du verre et des émaux. — Yeux artificiels. — Boules argentées.

ALUMINE.

SULFATE D'ALUMINE.

ALUN. — Composition de l'alun. — Fabrication de l'alun au moyen de l'alunite. — Au moyen des schistes alumineux. — Préparation des schistes. — Lessivage. Évaporation des eaux de lessivage. — Brevetage. — Cristallisation.

ARGILES. — Propriétés de l'argile. — Argiles kaolins. — Argiles plastiques. — Argiles smectiques ou terre à foulon. — Argiles figulines. — Argiles effervescentes ou marnes. — Argiles ocreuses. — Argiles légères.

MARNE.

OUTREMER (par *M. Debette*). — Outremer naturel. — Découverte de la fabrication de l'outremer artificiel. — Procédé de Pruckner.

BRIQUE (par *M. Debette*). — Préparation de l'argile. — Travail à la main. — Machine de M. Terrasson.

Four pour cuire les briques. — Cuisson en plein air.

Briques légères. — Fabrication des tuiles. — Tuyaux de drainage (voy. AGRICULTURE).

CREUSET. — Creusets de plombagine. — Creusets argileux. — Creusets poreux. — Creusets brasqués.

POTERIE (par *M. Debette*). — Composition générale des pâtes. — Préparation des pâtes. — Dessin et description des moulins de la manufacture de Sèvres. — Ressuage. — Pétrissage des pâtes.

Façonnage des pâtes. — Tour du potier. — Moules en plâtre. — Ebauchage. — Rachevage. — Calibrage. — Glaçures.

Cuisson des pâtes. — Fours à réverbères. — Fours à alandiers.

POTERIES A PATE TENDRE. — Terres cuites à surface mate. — Poteries lustrées, glaçure mince. — Poteries vernissées, glaçure plombifère. — Poteries émaillées, glaçure stannifère. — Manière de disposer des objets dans le four. — Cazettes.

POTERIES A PATE DURE OPAQUE. — Faïence fine à pâte incolore, glaçure vitro-plombique. — Plans d'une fabrique anglaise de faïence fine.

GRÈS-CÉRAME. — Pâte colorée, sans glaçure ou avec glaçure silico-alcaline.

POTERIES A PATE DURE TRANSLUCIDE. — Porcelaine dure. — Pâte kaolinique, glaçure feldspathique. — Encastage des pièces. — Encastage Regnier. — Durée de la cuisson. — Cuisson à la houille.

Boutons en porcelaine (voyez BOUTONS).

Porcelaine tendre. — Pâte marno-saline. — Composition des pâtes. — Glaçure vitro-plombique.

α.

Digitized by Google

COLORATION ET DÉCORATION DES POTERIES. — Couleurs vitrifiables. — Préparation des diverses couleurs ou matières terreuses fixées pour un fondant vitreux.

Métaux à l'état métallique. — Lustres métalliques.

Posage des couleurs. — Posage par impression. — Cuisson des couleurs.

DORURE SUR PORCELAINE. — Préparation du métal. — Application. — Procédé Rousseau. — Brunissage. — Lustres.

FAIENCE INGERÇABLE AU FEU (par *M. Barral*). — Historique. — Composition des pâtes de faïence commune. — Causes des gerçures. — Méthode de M. Feilner de Berlin. — Fabrication de M. Pichenot de Paris. — Moyen d'obtenir des plaques d'épaisseur uniforme. — Composition de l'émail blanc ou coloré. — Procédé de M. Vogt pour obtenir des plaques portant des dessins de diverses couleurs.

ÉMERI.

EAUX MINÉRALES. — Eaux alcalines. — Eaux ferrugineuses. — Eaux salines. — Eaux sulfureuses.

Métaux proprement dits.

MINES. — *Coup d'œil statistique sur les principales mines du monde.*

1° Mines de formations antérieures au terrain houillier. — Mines des Cordilières, — des monts Alleghanys, — d'Espagne, — des Pyrénées, — du centre de la France, — de la Bretagne, — des Vosges, — du Hartz, — de l'Est de l'Allemagne, — de Hongrie, — de l'Oural, — de la Norwége, — de la Grande-Bretagne.

2° Mines des formations secondaires et tertiaires. — Bassins houillers de Glascow, New-Castle, Saint-Étienne, etc.

Mines de mercure, — de sel gemme.

3° Mines des terrains d'alluvion. — Minerais de fer. — Étain. — Pierres précieuses. — Or. — Platine.

MÉTALLURGIE (par *M. Debette*).

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINERAIS. — Laverie à gradins. — Tamis à secousses. — Patouillet. — Trommel. — Appareil de M. Carnall. — Cylindres broyeurs. — Bocards. — Meules. — Caisses allemandes. — Tables dormantes. — Tables à toiles. — Tables à secousses. — Criblage à la cuve.

CALCINATION, GRILLAGE. — Grillage en tas. — Grillage dans des fours.

FUSION ET AFFINAGE. — Hauts-fourneaux. — Demi-hauts-fourneaux. — Fourneaux à manche. — Fourneaux à réverbère. — Bas foyers à tuyère.

Liquation. — Coupellation. — Disposition des fourneaux de coupelle. — Sublimation. — Traitement par voie humide. — Amalgamation. — Traitement par les acides. — Traitement électro-chimique.

DOCIMASIE. — Principes généraux.

OPÉRATIONS MÉCANIQUES. — Cassage. — Pulvérisation. — Tamisage. — Triage. — Lavage.

OPÉRATIONS CHIMIQUES. — Grillage. — Réduction. — Fusion. — Distillation.

FOURNEAUX D'ESSAI. — Fourneaux. — Fourneaux à réverbère. — Fourneaux à vent. — Forges.

REACTIFS POUR LA VOIE SÈCHE. — Reductifs. — Oxydants. — Désulfurants. — Sulfurants. — Fondants ou flux.

GANGUE.

MATTE.

MANGANÈSE (par *M. Debette*). — Propriétés du manganèse. — Composés qu'il forme avec l'oxygène. Sels de manganèse.

Minerais. — Usages. — Essai des manganèses du commerce.

FER (par *M. Debette*). — Propriétés du fer. — Qualités et défauts des divers fers du commerce. — Minerais de fer. — Essais de ces minerais.

FABRICATION DE LA FONTE. — Hauts-fourneaux. — Machines soufflantes. — Dosage. — Produits. — Mise en feu. — Coulée. — Disposition pour moulage en première fusion. — Réparations des fourneaux. — Allures diverses.

Théorie de la fabrication de la fonte. — Conditions économiques de la production de la fonte en France. — Innovations et perfectionnements introduits depuis quelques années. — Emploi de l'air chaud, — du bois vert ou desséché, — de l'anthracite et de la houille crue, — de la tourbe.

TRANSFORMATION DE LA FONTE EN FER FORGÉ. — Affinage à l'allemande. — Foyers. — Marteaux. — Méthode comtoise. — Conduite de l'affinage. — Méthode champenoise. — Méthode bourguignonne. — Théorie de l'affinage dans les feux d'affinerie. — Perfectionnements récents. — Emploi de l'air chaud. — Emploi du bois vert ou desséché. — Mazéage. — Méthode nivernaise.

MÉTHODE ANGLAISE. — Puddlage. — Par bouillonnement à l'eau. — Corroyage du fer puddlé au laminoir. — Prix de revient du fer. — Méthode champenoise.

EMPLOI DES FOURS A GAZ. — Constructions de ces fours.

FABRICATIONS DES RAILS. — Formes des laminoirs. — Des scies pour mettre de longueur. — Fours pour réchauffage. — Fours à gaz, avantageux dans ce cas. — Leur disposition à Audincourt.

FABRICATIONS DIVERSES. — Fers martinés. — Fers laminés. — Fer fondu. — Fer de ribions. — Fabrication du fil de fer.

Statistique de la production en France et en Europe.

FORGES CATALANES ET CORSES (par *M. Debette*). — Marteau. — Trompe. — Disposition du foyer. — Travail de la loupe. — Produits de l'usine. — Prix de revient du fer.

PYRITE.

COLCOTHAR.

ACIER (par *M. Debette*). — 1° Acier naturel. — 2° Acier de forge. — Méthode de l'Isère. — Méthode de Thuringe. — Méthode de Westphalie. — Méthode de Carinthie. — 3° Acier de cémentation ou acier poule. — 4° Acier fondu. — Wootz.

DAMAS. — Analyse des travaux de l'ingénieur russe Anoçof. — Du fond. — Du reflet du damas. — Damas rayé. — Damas moiré. — Damas ondulé. — Damas réticulaire. — Damas chevronné.

Travail de la forge. — Façon des objets. — Trempe. — Affilage et polissage. — Décapage.

Prix de revient et usage du damas.

Alliages de MM. Bréant, Faraday, etc., analogues au damas.

CHROME.

CHROMATES.

COBALT (par *M. Debette*). — Combinaisons de cobalt. — Minerais de cobalt. — Extraction du cobalt. Procédé allemand pour la préparation de l'oxyde de cobalt. — Statistique de la production du cobalt.

NICKEL (par *M. Debette*). — Propriétés. — Alliages du nickel. — Ses oxydes. — Sels de nickel. — Minerais. — Traitement.

ZINC (par *M. Debette*). — Propriétés physiques. — Oxydes de zinc. — Sels. — Alliages.

Minerais de zinc. — Essai des minerais de zinc.

Traitement métallurgique. — Fabrication du zinc métallique avec la calamine. — Méthode anglaise. — Méthode belge, prix de revient de 1,000 kilog. de zinc brut. — Methode silésienne, prix de revient.

Fabrication du zinc métallique avec la blende.

Statistique de la production du zinc en Europe.

BLANC DE ZINC (par *M. Debette*). — Historique. — Fabrication du blanc de zinc. — Emplois du blanc de zinc. — Sa supériorité sur la céruse.

Gris de zinc. — Jaunes de zinc. — Verts de zinc.

Siccatif non plombeux.

Digitized by Google

CADMIUM (par *M. Debette*). — Propriétés du cadmium. — Ses composés. — Sa préparation.

ÉTAIN (par *M. Debette*). — Propriétés de ce métal. — Ses composés. — Ses minerais. — Essai des minerais d'étain.

MÉTHODE SAXONNE. — Grillage des minerais. — Fonte. — Prix de revient.

MÉTHODE DE BOHÈME.

MÉTHODE DE CORNOUAILLES. — Fonte au fourneau à manche. — Fonte au fourneau à réverbère. — Raffinage. — Prix de revient.

Statistique de la production de l'étain.

ÉTAMAGE (par *M. Barral*). — Utilité de l'étamage. — Du décapage. — Emploi du chlorure double de zinc et d'ammoniaque.

ÉTAMAGE DU CUIVRE. — Alliage Biberel.

ÉTAMAGE DE LA TÔLE. — Décapage. — Disposition des bains successifs. — Raffinage des déchets d'étain.

Des divers genres de moiré.

ÉTAMAGE AU PLOMB. — Procédé de MM. Rogers et Morewood.

ÉTAMAGE AU ZINC. — Ancienneté du procédé. — Description publiée par Malouin en 1742. — Procédé de M. Sorel.

ÉTAMAGE AU ZINC ET AU PLOMB. — Procédé Rabatel.

ÉTAMAGE DE LA FONTE. — Etamage de M. Budi. — Il est préférable d'émailler la fonte plutôt que de l'étamer. — Description de cette fabrication.

ÉTAMAGE DES GLACES. — Emploi d'un amalgame d'étain. — Mode d'operer.

POTÉE D'ÉTAIN.

ÉMAIL. — Émail blanc. — Émaux de diverses couleurs. — Application de l'émail sur les métaux. — Lampe d'émailleur.

PLOMB (par *M. Debette*). — Propriétés. — Alliages. — Oxydes de plomb. — Sels.

Minerais de plomb. — Essai des matières plombeuses. — Essai par voie humide des matières renfermant du cuivre et du plomb.

Traitement métallurgique. — Méthode de Bleiberg. — Méthode du pays de Galles. — Méthode du Derbyshire — Méthode de Bretagne. — Méthode écossaise. — Méthode silésienne. — Revivification des litharges. — Statistique de la production du plomb en Europe.

CÉRUSE. — Procédé hollandais. — Fusion du plomb. — Disposition des fosses. — Procédés salubres de décapage et de broyage de la céruse. — Procédé de M. Lefebvre de Lille. — Incorporation de la céruse et de l'huile.

Procédé de Clichy.

MINIUM. — Composition du minium. — Description du fourneau à réverbère convenable pour sa préparation. — Oxydation du plomb. — Broyage du massicot. — Tamisage. — Lavage. — Dernière calcination. — Essai du minium.

BISMUTH (par *M. Debette*). — Propriétés du bismuth. — Ses alliages. — Oxydes de bismuth. — Traitement métallurgique.

ANTIMOINE (par *M. Debette*). — Liquation du minerai. — Extraction du métal. — par le procédé d'Auvergne, — au four à réverbère.

Production de l'antimoine.

ÉMÉTIQUE.

TUNGSTÈNE.

CUIVRE (par *M. Debette*). — Combinaisons du cuivre. — Minerais de cuivre. — Méthodes pour en faire l'essai.

Dosage du cuivre par voie humide.

Traitement des minerais de première classe. — Méthode de Chessy.

Traitement des minerais de seconde classe. — Méthode du Hartz, — de la Hesse, — de l'Angleterre. — Analyse du mémoire de M. Leplay.

Raffinage du cuivre noir. — Méthode anglaise. — Méthode de Chessy. — Méthode hongroise. — Raffinage au petit foyer. — Raffinage des alliages de cuivre. — Laminage du cuivre. — Statistique de la production du cuivre en Europe.

VERT DE SCHEELE.

VERT DE SCHWEINFURT.

CENDRES BLEUES.

BRONZE. — Bronze antique. — Bronze Keller. — Bronze des tam-tams. — Bronze pour bouches à feu. — Bronze pour la dorure.

LAITON. — Variétés de laiton employées dans l'industrie. — Fonte du laiton. — Fourneaux. — Dosages. — Emploi de la calamine. — Recuit.

MERCURE (par *M. Debette*). — Propriétés du mercure. — Ses composés — Sels de mercure.

Minerais. — Essai des minerais de mercure.

Traitement métallurgique d'Almaden. — D'Idria. — Dans le duché de Deux-Ponts. — Statistique de la production.

CINABRE ou VERMILLON. — Composition. — Procédés hollandais pour obtenir une couleur vive. — Préparation par voie humide.

ARGENT (par *M. Debette*). — Propriétés de l'argent.

MINERAI D'ARGENT. — Argent natif. — Argent sulfuré. — Argent rouge.

Cuivre gris argentifère. — Galène argentifère.

TRAITEMENT DES MINERAIS D'ARGENT. — Minerais d'argent proprement dit. — Amalgamation américaine. — Amalgamation saxonne.

Minerais plomb et argent. — Traitement par fusion et coupellation.

Affinage par cristallisation.

Traitement des minerais de cuivre et argent. — De plomb, cuivre et argent.

Traitement des minerais d'argent par le procédé électro-chimique.

Statistique de la production de l'argent.

ESSAI DES MATIÈRES ARGENTIFÈRES (par *M. Debette*). — Fusion. — Scorification. — Coupellation. — Disposition des fourneaux de coupelle et conduite de l'opération.

ESSAI PAR VOIE HUMIDE. — Des alliages de cuivre et d'argent. — De la dissolution normale de sel marin. — Burette graduée. — Disposition des appareils.

ARGENTURE.

OR (par *M. Debette*). — Propriétés. — Alliages. — Oxydes. — Sels.

Minerais. — Or natif. — Alluvions.

Tellurures aurifères.

Traitement des minerais d'or. — Appareil des monts Ourals. — Méthode du Tyrol. — De la haute Hongrie. — Statistique de la production annuelle de l'or.

ESSAI DES MATIÈRES D'OR. — Toucheaux. — Départ.

AFFINAGE.

DORURE (par *M. Barral*).

DORURE SUR MÉTAUX A L'AIDE DU MERCURE. — Préparation de l'amalgame d'or. — Préparation des bronzes. — Opération de la dorure. — Fourneau salubre de d'Arcet. — Mise en couleur.

DORURE PAR IMMERSION OU AU TREMPÉ. — Préparation du bain. — Préparation des bijoux. — Dorure. — Mise en couleur. — Comparaison avec la dorure au mercure.

DORURE A L'AIDE DE LA PILE. — (Voy. ÉLECTRICITÉ).

PLATINE (par *M. Debette*). — Propriété. — Oxydes. — Sels. — Minerais de platine. — Traitement. — Alliages.

ALLIAGES (par *M. Laboulaye*).

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES ALLIAGES. — Densité. — Dureté. — Élasticité. — Fusibilité. — Chaleur spécifique. — Chaleur latente.

Digitized by Google

PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES ALLIAGES. — Oxydation. Action des acides.

PRÉPARATION DES ALLIAGES. — Par fonte des métaux. — Par réduction simultanée des oxydes.

MOULAGE DES ALLIAGES. — De la liquation.

Importance de l'ordre de préparation des alliages élémentaires qui constituent l'alliage composé. — Explication des résultats les plus curieux de la pratique.

ALLIAGES DIVERS. — ALLIAGES BINAIRES. — Des métaux cassants entre eux. — Des divers métaux avec les métaux cassants. — Alliages binaires des métaux ductiles entre eux et avec les métaux mous.

ALLIAGES MULTIPLES.

SOUDURES. — Application d'un métal sur un autre. — Des recherches à faire sur les alliages.

SOUDER (par *M. Delbrück*). — Fer à souder. — Chalumeau aérhydrique.

Soudure autogène. — Du plomb. — Importance du procédé pour les chambres de plomb.

SOUDURES des divers métaux.

Chimie végétale.

BLANCHIMENT. — Ancien procédé. — Nouveau procédé. — Lessivage par circulation continue. — Description de la roue à laver.

Blanchiment des tissus de coton. — Apprêt de ces tissus.

Blanchiment du lin et du chanvre.

Blanchiment de la soie.

Blanchiment de la laine.

BLANCHISSAGE. — Appareil perfectionné de M. René Duvoir, à circulation continue.

DÉGRAISSEUR (par *M. Rouget de Lisle*). — Ouvrages relatifs à l'art du dégraisseur. — Action des principales substances sur les étoffes. — Réactifs propres à enlever les taches. — Méthodes pour rétablir les apprêts, les couleurs altérées.

PAPIER (par *M. Hanriot*). — Du chiffon. — Lessivage des chiffons. — Défilage. — Description de la pile. — Blanchiment du défilé. — Raffinage.

Colle animale.—Mode de l'appliquer sur la machine en Angleterre. — Colle végétale ou savon de résine.

Coloration des pâtes.

Dessin et description de la machine à fabriquer le papier continu. — Cassés, rognures.

Salle d'apprêt.

Fabrication du papier à la main.

Historique.

Machines accessoires. — Coupeuses de chiffons. — Releveuses de pâte. — Régulateurs. — Épurateurs. — Sablières. — Rouleaux égoutteurs.

Calandres. — Machines à couper le papier en long et en travers. — Lisses.

XYLOIDINE-PYROXYLINE ou COTON-POUDRE (par *M. Barral*). — Historique de la découverte. — Préparation. — Procédé de M. Pelouze. — Procédé de M. Knopp. — Procédé de M. Gaudin. — Procédé de M. Brizard. — Emploi du collodion.

Dessiccation de la pyroxyline. — Cas où elle est brisante.

Composition de la xyloïdine, — de la pyroxyline.

Prix de revient. — Effets balistiques. — Effets dans les mines. — Effets pyrotechniques. — Amorces fulminantes. — Diversité des produits fulminants.

AMIDON. — FÉCULE. — Procédé E. Martin pour séparer l'amidon et le gluten de la farine de céréales.

FÉCULE. — Lavage des tubercules. — Râpage. — Tamisage. — Lavage de la fécule brute. — Égouttage. — Dessiccation. — Blutage de la fécule.

Arrow-root. — Salep. — Sagou. — Tapioka.

FÉCULE (FABRICATION DE LA) par *M. Grouvelle*). — Description d'une fabrique perfectionnée. — Silos. — Série générale des opérations. — Dragueur. — Laveurs. — Râpe. — Tamis cylindrique à tambour fixe. — Décantage. — Lavage. — Étuve.

Frais de fabrication et prix de revient de la fécule.

POMME DE TERRE.

MANIOC.

RIZ.

FARINE. — Analyse de diverses farines. — Altération des farines. — Méthode Boland pour la reconnaître.

GLUTEN. — Description de la fabrication du gluten granulé de MM. Véron.

SUCRE (par *M. Valerio*). — Propriétés et composition du sucre.

EXTRACTION DU SUCRE DE CANNES. — De la canne à sucre. — Sa composition d'après M. Péligot. — Du moulin à exprimer le jus de la canne. — Rendement. — Moulins de l'Inde. — Filtrage. — Clarification. — Cuite. — Cristallisation. — Sucre terré.

SUCRES DE BETTERAVES. — Variétés de betteraves. — Culture de la betterave. — Emmagasinage. — Silos. — Analyse de la betterave. — Nettoyage. — Lavage. — Râpage. — Expression à la presse hydraulique. — Lévigateur Pelletan. — Défécation. — Évaporation. — Filtre Dumont. — Filtre Peyron. — Clarification. — Cuite. — Essais de la clairce. — Cuite dans le vide. — Dessins et description de l'appareil Derosne et Cail. — Fabrication du sucre de betterave par le procédé Schutzenbach. — Procédé Rousseau. — Sucre d'érable. — Raffinage du sucre. — Clairçage par force centrifuge. — Sucre candi.

Principaux procédés saccharimétriques. — Polarimètre.

GLUCOSE. — Composition chimique. — Saccharification de la fécule. — Saturation. — Filtration sur du noir animal. — Première évaporation. — Seconde filtration. — Cuite du sirop. — Repos et refroidissement. — Cristallisation et clairçage. — Égouttage et séchage. — Comptes de fabrication et prix de revient.

MIEL.

GOMMES.

MANNE.

FERMENTATION. — Théorie de la fermentation, — de M. Liebig. — Des diverses espèces de fermentation.

ALCOOL.

ÉTHER. — Composition. — Propriétés de l'éther. — Préparation.

DIASTASE.

BIÈRE (par *M. Knab*). — Des matières premières.

PRÉPARATION DU MALT. — Mouillage. — Germination. — Dessiccation.

Concassage du malt.

DU BRASSAGE. — Cuisson de la bière. — Réfrigérants. — Des diverses espèces de bières.

Disposition d'une grande brasserie anglaise. — Figures et description des appareils.

BIÈRE DE MUNICH. — Théorie de sa fabrication d'après Liebig.

VIN (par *M. Curtel*).

FABRICATION DU VIN ROUGE.

Vendange. — Égrappage usité dans quelques vignobles. — Foulage. — Composition du moût.

Fermentation du moût. — De l'addition de glucose. — Des cuves ouvertes. — Des cuves fermées.

Décuvage. — Pressurage. — Mise en tonneau.

Fermentation lente dans les tonneaux. — Appareil Herpin. — Bondes hydrauliques.

Fabrication du vin blanc.

Vins de liqueur.

Conservation des vins.

CIDRE. — Fabrication du cidre. — Du poiré. — Maladies qui attaquent le cidre qui vieillit.

PAIN (par *M. Knab*). — De la fermentation panaire. — Du levain. — Du pétrissage. — Cuisson.

Pain de gruau. — Pain de dextrine. — Pain viennois. — Pain de munition. — Biscuit. — Pain de seigle. — Pain de pommes de terre. — Pain de riz.

Digitized by Google

Des perfectionnements à apporter dans la fabrication du pain. — Pétrissage mécanique. — Pétrin-Fontaine. — Dessins et description du four aérotherme.

Pétrin-Rolland. — Four à sole tournante.

De l'adultération du pain. — Moyens de la reconnaître.

TABAC (par *M. Barral*). — Travail des boucauts.

Fabrication des cigares.

Fabrication des rôles. — du tabac à fumer. — Fabrication du tabac en poudre. — Hachage. — Fermentation en masses. — Moulinage. — Tamisage. — Fermentation en cases. — Mise en paquets.

ACÉTATES. — ACIDE ACÉTIQUE. — Acétate d'alumine. — Acétate de chaux. — Acétates de cuivre, verdet et vert-de-gris. — Acétates de fer. — Acétates de plomb. — Nouveau procédé de préparation des acétates.

ACIDE ACÉTIQUE. — De la fermentation acide. — 1° Vinaigre de vin. — Procédé Schutzenbach. — 2° Vinaigre de malt. — 3° Vinaigre de sucre.

Vinaigre radical.

Acide pyroligneux ou vinaigre de bois.

Acétimètre.

ACÉTONE.

ACIDE CITRIQUE, — FORMIQUE, — MALIQUE.

TÉRÉBENTHINE (par *M. Mangon*). — Térébenthine de Chio. — Térébenthine de Venise. — Térébenthine commune ou du pin. — Galipot.

Huile essentielle de térébenthine. — Colophane ou arcanson. — Poix résine ou brai sec. — Poix de Bourgogne. — Brai gras. — Poix noire. — Goudron. — Poix bâtarde.

CAMPHRE.

VERNIS (par *M. Tripier-Deveaux*). — Définition des vernis. — Leur mode d action. — Causes qui rendent les vernis plus ou moins siccatifs. — Causes qui concourent à rendre les vernis durables. — A quoi tient la coloration des vernis.

Vernis à l'éther sulfurique.

VERNIS A L'ALCOOL. — De la solution des matières résineuses dans l'alcool. — Manière d'opérer au bain-marie. — A feu nu. — Vernis divers. — Vernis de copal. — Vernis de gomme-laque et d'autres résines. — Vernis pour carreaux d'appartement.

VERNIS A L'ESSENCE. — Vernis pour tableaux de prix, de Tingry. — Préparation à froid. — Préparation à chaud. — Vernis à tableaux du commerce. — Vernis au vert. — Vernis couleur d'or. — Vernis à retoucher. — Vernis de goudron.

VERNIS GRAS. — Observations générales. — Substances qui entrent dans la composition des vernis gras. — L'huile se mélange, mais ne se combine pas avec le copal fondu.

Ustensiles d'une fabrique de vernis. — Matras. — Fourneaux. — Spatules. — Trépieds. — Entonnoirs.

Choix et préparation du copal dur. — Assortiment du copal.

Préparation de l'huile de lin. — Huile pour vernis. — Appareils pour l'oxydation des huiles. — Manière d'opérer.

Travail des vernis gras au copal demi-dur, au copal tendre.

Vernis gras au succin.

Formules de divers vernis spéciaux.

CIRAGE.

CAOUTCHOUC. — Extraction de caoutchouc. — Sa dissolution dans les huiles essentielles.

Tissus imperméables. — Tissus élastiques en caoutchouc. — Volcanisation du caoutchouc.

GUTTA-PERCHA.

GOMMES-RÉSINES. — Assa-fœtida. — Euphorbe. — Gomme-gutte. — Scammonée.

AMBRE.

GOMME AMMONIAQUE.

CANNELLE.

CAFÉ. — Des diverses espèces de café. — Cafetière à circulation.

BAUMES.

BENJOIN.

CIRE.

HUILES (par *M. Curtel*).

HUILES GRASSES. — Propriétés. — Extraction de l'huile des graines oléagineuses. — Écrasage des graines. — Chauffage à feu nu ou à la vapeur. — Première pression. — Second écrasage. — Nouveau chauffage. — Seconde pression. — Dessin et description d'un moulin perfectionné.

Épuration des huiles. — Appareil Grouvelle. — Emploi des résidus. — Extraction de l'huile d'olive.

HUILES ESSENTIELLES. — Extraction par distillation. — Huile essentielle de térébenthine. — De citron. — Essence de rose, — de jasmin, etc.

GRAISSAGE (par *M. Barral*). — Graisses pour machines. — Recettes diverses. — Graisse pour wagons. — Graisse pour voitures. — Graisse noire. — Dispositions pour graissage continu.

PARFUMERIE. — Pommades. — Eaux de senteur. — Eau de Cologne. — Pastilles du sérail. — Pâte d'amandes. — Crèmes ou pâtes liquides.

SAVONS. — Théorie de la fabrication d'après M. Chevreul.

Savons durs. — Préparation des lessives. — Saponification de l'huile. — Savon blanc. — Savon marbré. — Savon jaune.

Savons noirs. — Savons de toilette, — de Windsor, — à la rose. — Savons d'amandes. — Savons transparents.

Savon mou.

Compositions d'un grand nombre de savons.

ENCAUSTIQUE (par *M. Tripier-Deveaux*). — Peinture encaustique. — Encaustique pour meubles. — Encaustique à la potasse. — Encaustique liquide. — Encaustique dure à l'essence.

Matières colorantes.

COULEURS MATÉRIELLES (par *M. Rouget de Lisle*). — Couleurs solides. — Couleurs plus ou moins superflues. — Couleurs peu solides et cependant employées. — Couleurs nuisibles.

Préparation des diverses couleurs. — Blanc. — Jaune. — Rouge. — Bleu. — Terre de Sienne. — Vert, etc.

INDIGO.

ORSEILLE (par *M. Mallet*). Emploi de l'orseille. — Historique. — Des lichens qui fournissent l'orseille. — Préparation de l'orseille. — Emploi de l'ammoniaque. — Prix de revient.

GARANCE. — Garance de Hollande. — Garance d'Alsace. — Garance d'Avignon. — Préparation de la garancine. — De la colorine.

CARTHAME.

CARMIN.

BOIS DU BRÉSIL.

CAMPÊCHE.

GAUDE.

ROCOU.

EXTRAITS (par *M. Rouget de Lisle*). — Extraits des bois de teinture. — Division des bois. — Dessins et description des machines Valery. — Système Panay.

PRÉPARATION DES EXTRAITS. — Système Salleron. — Presse à vapeur de Rommerhausen. — Dispositions employées par M. Panay. — Appareil de M. Meissonnier. — Appareil de M. Besseyre. — Purification des extraits.

EXTRAITS PHARMACEUTIQUES. — Lavage et évaporation, — Filtre-presse. — Extraits alcooliques. — Ex

Digitized by Google

traits éthérés. — Extracteur à distillation continue de M. Payen.

ENCRE (*M. Rouget de Liste*).

ENCRE A ÉCRIRE. — Matières premières qui entrent dans la composition de l'encre. — Eau. — Corps renfermant du tannin. — Sels de fer. — Bois d'Inde. — Gomme et matières visqueuses. — Modes de préparation de l'encre. — Encres anglaises.

ENCRE DE CHINE. — Procédé chinois. — Préparation ordinaire.

ENCRES POUR MARQUER LE LINGE. — Encres anglaises. — Autres compositions.

ENCRES COLORÉES. — Rouges, — jaunes, — bleues, etc. — Encres sympathiques.

ENCRE LITHOGRAPHIQUE. — Procédé Crusel. — Procédé Lemercier.

ENCRE D'IMPRIMERIE. — Matières premières convenables. — Préparation du noir. — Cuisson du vernis. — Trituration. — Encre pour taille-douce. — Encre communicative pour copier les lettres. — Moyens d'écrire sur le verre et le zinc.

COLORATION ET CONSERVATION DES BOIS (par *M. Paulin Désormeaux*). — Abattage des bois. — Séchage.

COLORATION. — En rouge. — En bleu. — En jaune. — En vert. — En violet. — En noir.

Procédé Boucherie. — Expériences de l'auteur de l'article. — Dessin et description de son mode d'opérer. — Mode d'opérer de M. Boucherie pour un arbre sur pied.

TEINTURE (par *M. Gonfreville*). — Division des teintures en couleurs grand teint, — bon teint, — petit teint.

TEINTURE DU COTON. — Des variétés de coton. — Blanchiment. — Apprêts. — Mordants. — Dégorgeage. — Teinture. — Altérants. — Avivage. — Rosage. — Virage.

Description des opérations et proportions des substances colorantes pour rouge grand teint. — Autre procédé. — Rouge grand teint, seconde qualité. — Rouge madras. — Rouge de garance bon teint. — Jaune bon teint. — Bleu bon teint.

Couleurs binaires. — Aurore bon teint. — Violet bon teint. — Palliacat grand teint. — Violet pur grand teint.

Couleurs diverses. — Couleurs métalliques.

Mordants peu connus.

Couleurs petit teint. — Rouge. — Jaune. — Bleu. — Vert. — Palliacat. — Olive, etc.

TEINTURE DE LA LAINE EN TOISON. — Désuintage. — Manœuvre à la cuve. — Manœuvre à la chaudière.

Couleurs bon teint. — Rouge garance. — Bleu. — Jaune. — Vert. — Violet. — Marron, etc.

Couleurs petit teint. — Noir. — Gris. — Bronze, etc.

BOUSAGE. — Emploi de la bouse de vache dans l'impression des indiennes. — Composition des sels pour bousage, par lesquels on l'a remplacée.

Chimie animale.

SANG.

ÉCARRISSAGE (par *M. Valerio*). — Insalubrité de cette industrie. — Valeur qu'elle retire d'un cheval mort. — Description des opérations à l'abattoir d'Auvilliers.

CRIN.

DÉPILATOIRE.

FIBRINE.

FIEL DE BOEUF. — Composition. — Purification. — Propriétés et usages.

LAIT. — Composition. — Espèces diverses. — Altération du lait. — Falsifications. — Du lactomètre.

BEURRE.

FROMAGE.

OS.

IVOIRE.

NOIR ANIMAL. — Propriétés du noir animal. — Travaux de M. Bussy et de M. Payen. — Appareil à cylindres. — Appareils à marmites. — Revivification du noir.

BLEU DE PRUSSE ET PRUSSIATE DE POTASSE. — Prussiate jaune et prussiate orange. — Précipités qu'ils forment dans les dissolutions des sels métalliques et notamment des sels de fer.

Préparation du prussiate jaune. — Préparation du bleu de Prusse.

PRUSSIATES (par *M. Mallet*). — Fabrication avec des matières animales. — Expériences de M. Kuhlmann. — Expériences de M. Jacquemyns. — Procédé de M. Possoz.

BOUGIES STÉARIQUES. — Saponification par la chaux. — Pulvérisation des savons de chaux. — Décomposition de ces savons par l'acide sulfurique étendu. — Lavage des acides gras rendus libres. — Moulage et cristallisation des acides gras. — Découpage des masses cristallines. — Pressage à froid. — Pressage à chaud. — Épuration des acides. — Fonte et moulage des bougies. — Moules en fer. — Blanchiment, — polissage mécanique, — mise en paquet des bougies. — Fabrication par distillation.

GÉLATINE (par *M. Ch. Knab*). — Gélatine par les acides. — Conduite du travail. — Appareil Grenet. — Gélatine extraite des os par la vapeur. — Appareil d'Arcet. — Gélatine alimentaire. — Prix de revient. — Qualité nutritive de la gélatine.

COLLE-FORTE. — Rendement en colle-forte des principales substances animales. — Traitement de ces matières. — Dessiccation de la colle-forte.

Extraction de la colle-forte des os au moyen des acides.

FERMENTATION PUTRIDE.

TANNAGE. — But du tannage. — Tannage des peaux destinées à donner des cuirs mous. — Trempage. — Pelanage. — Epilage. — Travail sur le chevalet. — Tannage.

Tannage des peaux destinées à fournir des cuirs forts. — Modifications des procédés précédents.

Perfectionnements récents. — Emploi de la soude. — Procédé Vauquelin.

Corroyage des cuirs mous.

Cuirs de Russie. — Cuirs hongroyés. — Mégisserie. — Chamoiserie. — Maroquin.

CUIRS VERNIS (par *M. Mabrun*). — Emploi des cuirs vernis. — Apprêtage de la peau. — Composition des apprêts. — Mode de les appliquer.

Vernissage. — Composition des vernis les plus estimés.

ADIPOCIRE.

ASTICOTS.

BOYAUDERIE (d'après Labarraque).

DES BOYAUX INSUFFLÉS. — Dégraissage. — Retournage. — Fermentation putride. — Ratissage. — Lavage. — Insufflation. — Dessiccation. — Désinsufflation. — Aunage. — Soufrage. — Ployage.

BAUDRUCHE. — pour batteurs d'or.

DES CORDES A BOYAUX. — Cordes pour remouleurs. — Cordes à raquettes. — Cordes à fouet. — Cordes d'archet. — Cordes pour les horlogers.

CORDES D'INSTRUMENTS (par *M. Savaresse*). — Causes de la supériorité des chanterelles de Naples. — Mode de préparation et choix des boyaux pour obtenir d'excellents résultats. — Cordes colorées. — Cordes recouvertes de cantine.

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES. — Influence sur la fermentation, — de l'air, — de l'eau, — de la chaleur.

Dessiccation. — Salaison. — Immersion dans l'esprit-de-vin. — Emploi du sucre. — Emploi du froid. — Soustraction du contact de l'air ou procédé d'Appert. — Emploi de substances antiseptiques, — fumée, créosote. — Acide arsénieux. — Procédé Gannal.

Digitized by Google

TROISIÈME SECTION.

BIOLOGIE INDUSTRIELLE.

Les procédés chimiques ne permettent d'obtenir toutes les substances diverses, but ou moyen du travail industriel, qu'autant que de premiers corps, renfermant ces substances ou leurs éléments, sont le résultat d'un premier travail. Or, suivant que ces éléments appartiennent au règne inorganique ou organique, ce travail est simple ou extrêmement complexe. Pour les minéraux, il consiste en un travail d'exploitation, d'extraction, qui est d'ordre mécanique; pour les végétaux et les animaux, il constitue un ensemble exigeant des connaissances étendues qui comprennent toutes les sciences naturelles.

Ce qui distingue ce travail de tout autre, c'est que l'effort de l'homme intervient dans la production d'une manière toute particulière; au lieu d'engendrer immédiatement le résultat cherché, il a pour seul effet de tout disposer pour que les *forces vitales* ayant leur plein et entier effet produisent en quelque sorte d'elles-mêmes le corps à obtenir.

On voit donc que si les objets sur lesquels s'exerce le travail de l'homme, dans l'agriculture, l'élève des animaux, toutes les industries, en un mot, qui relèvent des sciences biologiques, sont en nombre infini et parfaitement suffisants pour justifier l'étendue d'ouvrages spéciaux; les procédés du travail peuvent cependant être assez limités pour qu'on puisse les résumer sans entrer dans de très grands développements. C'est le but que nous nous sommes proposé de remplir, en comprenant l'industrie agricole dans un ouvrage destiné à renfermer l'exposition de toutes les applications du travail à la production d'utilités de toute nature.

Cette division, jointe à la précédente, comprend donc les moyens de production de toutes les substances qui, directement ou indirectement (par des actions, objet des sections suivantes), peuvent être utiles à l'homme.

AGRICULTURE (par *M. Mangon*).

I. Statistique agricole de la France. — 1° Production végétale. — 2° Animaux domestiques.

II. Principes généraux de science agricole. — Notions générales. — Terrains agricoles. — Composition chimique des terrains. — Procédés d'analyse. — Propriétés physiques des terres. — Hygroscopicité des terres. — Propriétés calorifiques. — Classification des terres arables.

Météorologie agricole. — Calorique. — Lumière. — Electricité. — Pression de l'air. — Des vents. — Hygrométrie. — Evaporation de l'eau. — Pluie dans divers pays.

III. Aménagement des eaux au point de vue agricole. — Curage des cours d'eau. — Rigoles d'assainissement ouvertes.

Drainage ou assainissement au moyen de rigoles couvertes. — Immense utilité de cette pratique. — Historique. — Différents modes d'exécution des canaux de drainage. — Fabrication des tuyauxde drainage. — Des diverses machines. — Leur cuisson. — Pose des tuyaux au fond des tranchées. — Systèmes divers de drainages avec fascines, pierres, etc. — Profondeur et écartement des drains. — Pente des drains. — Exemples de drainage. — Drainage des sources. — Volume d'eau entraînée par les drains. — Effets et théorie du drainage. — Résultats financiers des travaux du drainage.

Dessèchement. — Études préparatoires de toute opération de dessèchement. — Travaux de dessèchement. — Dessèchement à l'aide de canaux d'écoulement. — Dessèchements des marais, proprement dits. — Dessèchements hollandais. — Des moères françaises. — Des polders. — Du lac de Harlem.

Puits forés et puisards absorbants.

Endiguement, défense des rives.

Irrigations. — Qualités des eaux employées aux irrigations. — Moyen d'obtenir les eaux pour l'irrigation. — Construction des réservoirs. — Déversoirs et prises d'eau. — Canaux et rigoles d'irrigation. — Machines à élever l'eau.

Emploi des eaux d'irrigation. — Par submersion. — Par déversement sur les terrains inclinés. — Sur les terrains disposés en ados. — Exemples d'irrigations. — Formation des prairies. — Exécution des travaux d'irrigation. — Limonages. — Eaux animalisées. — Pratique des irrigations. — Jardinages.

Exemples de grands travaux d'irrigation. — Barrage du Nil. — Campine belge.

IV. Opérations mécaniques de culture. — Machines agricoles.

Instruments destinés à la préparation du sol. — Bêche. — Charrues diverses. — Charrues à vapeur. — Scarificateurs. — Extirpateurs. — Buttoirs. — Herses. — Rouleaux.

Semoirs. — Semoir Hugues. — Semoir à brosses. — A boulets.

Instruments pour préparer les récoltes. — Faux. — Fléau. — Rouleau à dépiquer. — Machines à battre. — Description des meilleurs systèmes. — Machines à nettoyer les grains. — Hache-paille, — coupe-racines, etc. — Machine à vapeur locomobile.

V. Alimentation végétale. — engrais et amendements. — Marne. — Guano. — Engrais concentrés. — Os. — Transport des engrais.

Digitized by Google

VI. CULTURES. — ASSOLEMENTS

Céréales. — Froment (variétés de). — Épeautre. — Seigle. — Orge. — Avoine. — Riz. — Sarrasin. — Maïs — Nouvelle maladie des céréales.

Légumineuses — Haricots. — Fèves. — Pois. — Vesces.

Plantes fourragères. — Plantes des prairies permanentes. — Récolte des foins. — Prairies temporaires. — Luzerne. — Trèfle. — Sainfoin. — Spergule.

Plantes à racines alimentaires. — Pomme de terre. — Navet. — Carotte.

Cultures industrielles. — Plantes textiles. — Chanvre. — Lin. — Plantes oléifères. — Colza. — Cameline. — Pavot.

Plantes tinctoriales. — Garance. — Pastel.

Des assolements. — Des divers systèmes à adopter dans les diverses circonstances de la pratique.

VII. ANIMAUX DOMESTIQUES. — Race bovine. — Race chevaline. — Race asine. — Race ovine. — Race porcine.

VIII. CONSTRUCTIONS RURALES. — Dispositions générales des bâtiments d'exploitation. — Etables. — Bergeries. — Porcheries. — Granges. — Greniers. — Fosse à fumier. — Laiterie.

CHANVRE.

LIN.

LAINES.

CIRE.

ENGRAIS (par *M. Knab*). — Rôle des engrais. — De l'azote que renferment les plantes. — Des engrais minéraux. — Tableaux d'analyses. — Engrais rendant à la terre ce que la plante enlève.

ENGRAIS AZOTÉS. — Fumier de ferme. — Fumier de cheval. — De vache. — De mouton. — Poudrette. — Procédé Salmon. — Débris d'animaux. — Chair musculaire. — Sang. — Os. — Substances minérales azotées. — Tangue. — Merl. — Suies. — Cendres. — Ecobuage. — Substances végétales. — Engrais verts. — Végétaux divers.

Débris végétaux. — Terreau. — Tourbe. — Marc de raisin. — Pulpes. — Résidus des féculeries, — des fabriques de sucre de betterave. — Tableau général de la valeur comparative des engrais.

ENGRAIS MINÉRAUX OU AMENDEMENTS. — Chaux. — Marne. — Cendres. — Sels. — Plâtre.

Des sels ammoniacaux. — De l'eau.

DÉSINFECTION (par *M. Mallet*). — Moyens de désinfecter l'air. — Emploi du chlore.

Désinfection des fosses d'aisances. — Importance de la question au double point de vue de la salubrité et de la valeur des engrais.

Emploi du sulfate de fer. — Emploi du charbon, procédé Salmon. — Système Huguin.

BARATTE. — Baratte normande. — Baratte des environs de Paris. — Baratte de Rouen. — Baratte de Sussex. — Baratte américaine. — Grande baratte de Clyburn.

CHARRUE (par *M. Tourneux*). — Des parties de la charrue. — Le soc. — Le coutre. — Le sep. — Le versoir. — L'âge. — Le régulateur. — Des araires. — Des charrues à avant-train.

Charrue Grangé.

HERSE.

ABEILLES.

SOIE. — Magnanerie salubre de d'Arcet.

ÉDUCATION DES VERS A SOIE. — Moment de l'éclosion. — De la levée du ver. — Soins à donner aux vers. — Leurs maladies. — De la montée du ver et du boisement. — Description de la magnanerie salubre de M. d'Arcet.

CROISEMENT DES RACES ET DES ESPÈCES (par *M. Magne*). — Utilité, — avantage des croisements. — Règles du croisement des races. — Fixité des métis.

MOUTON (par *M. Magne*). — Importance des bonnes races. — Moutons français à laine grossière. — Moutons français à laine commune. — Moutons français à laine intermédiaire. — Moutons à laine fine. — Mérinos. — Moutons à laine soyeuse. — Moutons à laine extra-fine.

CHOIX DE MOUTON. — Taille. — Tempérament. — Formes. — Qualités de la laine. — Avantages des bêtes ovines à laine fine.

AMÉLIORATION DES MOUTONS. — Soins divers. — Croisement.

PISCICULTURE. — Découverte de Jacobi. — Du Remy, pêcheur des Vosges. — Appareil d'éclosion, de M. Coste. — Établissement d'Huningue. — Importance de la question.

INCUBATION ARTIFICIELLE (par *M. Grouvelle*). Méthode pratiquée en Égypte. — Recherches de Réaumur. — Travaux de Bonnemain. — Dessin et description de ses appareils.

Conduite de l'incubation.

Incubation à l'aide de la chaleur des eaux minérales.

Couvoirs portatifs. — Couvoir de Lemare. — Couvoir de Sorel.

Digitized by Google

QUATRIÈME SECTION.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE.

La mécanique industrielle comprend deux parties distinctes, celle qui se rapporte à la mécanique géométrique, à ce qu'Ampère a désigné sous le nom de Cinématique, où le mouvement est considéré, quant à sa direction, à la figure géométrique du chemin parcouru, indépendamment de la grandeur des forces qui sont en jeu, et la mécanique dynamique, que l'on appelle généralement mécanique appliquée aux machines, dans laquelle les théorèmes relatifs aux forces, de la science dite mécanique rationnelle viennent s'appliquer aux corps doués des propriétés que la physique a fait reconnaître.

Les divisions de la mécanique industrielle, c'est-à-dire des connaissances qui guident pour l'application utile des forces aux corps, se déduisent de cette simple considération. Elles comprennent :

1° La Cinématique, c'est-à-dire les mouvements des organes des machines, l'étude des systèmes où les mouvements importent plus que les forces. Les appareils d'horlogerie nous fournissent le type de systèmes de cette nature.

2° La Mécanique appliquée aux machines comprenant l'étude :

I. Des meilleures dispositions des récepteurs pour rendre utilisables les forces naturelles;

II. Des machines et outils convenables pour surmonter les résistances de cohésion qu'opposent les corps aux efforts qui tendent à produire une forme donnée; des fabrications mécaniques obtenues à l'aide de ces outils;

III. Des machines destinées à produire le mouvement, à surmonter les résistances qui s'y opposent.

Cinématique.

MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE (par *M. Laboulaye*). — Nécessité de l'étude de la théorie des mécanismes. — Ce n'est qu'en étudiant les premiers organes des machines qu'on peut en saisir la composition. — Résultats de cette décomposition. — Insuffisance de l'ouvrage de Lantz et Bétancourt. — Division des machines en 1° Récepteurs. — 2° Organes de transformation de mouvement. — 3° Organes de modification de mouvement. — 4° Opérateurs.

ORGANES DE TRANSFORMATION DE MOUVEMENT. — Classification des mouvements élémentaires. — Pourquoi elle est simple et le nombre des premiers organes limité.

I. *Mouvement circulaire continu en circulaire continu.* — Rouleaux. — Courroies. — Chaînes. — Engrenages. — Roues elliptiques. — Roues d'angle. — Vis sans fin. — Fusée. — Joint universel, etc.

II. *Mouvement circulaire continu en rectiligne continu.* — Crémaillère. — Treuil. — Vis et écrou.

III. *Mouvement rectiligne continu en rectiligne continu.* — Plan incliné. — Poulies. — Moufles.

IV et V. *Mouvement circulaire continu en circulaire ou rectiligne alternatif.* — Bielle et manivelle. — Excentriques circulaires. — Excentriques en général. — Courbes en cœur. — Cames.

VI et VII. *Mouvement rectiligne continu en circulaire ou rectiligne alternatif.* — Encliquetages. — Rainures.

VIII. *Mouvement circulaire alternatif en circulaire alternatif.* — Leviers droits et coudés. — Roues dentées. — Cordes. — Mouvement de sonnette.

IX. *Mouvement circulaire alternatif en rectiligne alternatif.* — Rainures. — Cordes. — Archet. — Articulations.

X. *Mouvement rectiligne alternatif en rectiligne alternatif.* — Cordes. — Articulations. — Losange.

XI. *Mouvement quelconque en mouvement d'après une courbe.* — Combinaisons de mouvements rectilignes. — De mouvement circulaire et rectiligne. — Pantographe.

Organes directeurs du mouvement circulaire, — du mouvement rectiligne. — Parallélogramme de Watt. — Mouvements parallèles.

BIELLE. — Transformation du mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif ou inversement par bielle et manivelle. — Représentation du travail de la bielle.

Mouvement circulaire continu en circulaire alternatif par le même système. — Disposition nouvelle de M. Girard. — Évaluation du frottement de la bielle. — Excentrique circulaire. — Frottement.

Mouvement circulaire continu en circulaire continu par bielles et manivelles.

PLAN INCLINÉ. — Du frottement sur le plan incliné.

DIFFÉRENTIEL (MOUVEMENT) (par *M. Laboulaye*). — Définition des organes animés de ce mouvement dans les divers cas de transformation de mouvement.

RECTILIGNE EN RECTILIGNE. — Plans inclinés.

CIRCULAIRE EN RECTILIGNE. — Guides à mouvement rectiligne. — Du mouvement rectiligne. — Du mouvement circulaire. — Guides à mouvement circulaire.

CIRCULAIRE EN CIRCULAIRE. — Des divers systèmes épycloïdaux. — Détermination des rapports de vitesse. — Premier système, — mouche ou roue planétaire. — Second système; — son application aux horloges. — Troisième système; — son application aux bancs à broches et aux compteurs. — Quatrième système; — son application aux horloges à équation.

MOUVEMENTS ALTERNATIFS EN MOUVEMENTS ALTERNATIFS. — Zigzag. — Parallélogramme de Watt. — Parallélogramme d'Olivier Évans.

COUSSINETS (par *M. Dubied*). — Des substances propres aux coussinets. — Forme des coussinets. — Coussinets à galets. — Leurs avantages et leurs défauts.

PIVOT.

TOURILLON.

Digitized by Google

GLISSIÈRE.

ORGANES DE MODIFICATION DE MOUVEMENT. — (MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE). — *Organes de mise en mouvement.* — Poulie folle. — Embrayage. — Roues à détente.

Organes servant à la régularisation du mouvement. — Volants. — Frein. — Pendule conique. — Ressort dynamométrique de M. Poncelet. — Pendule.

Organes à réaction. — Ressort spiral. — Ressort en lames.

Organes d'arrêt. — Roue à crochets. — Échappement à ancre, — à chevilles, — à recul, — à repos. — Échappement libre.

HORLOGERIE. — Du pendule. — Du ressort spiral. — Compensateurs. — Échappement. — Description d'une horloge commune. — D'une montre avec fusée et roue de rencontre. — D'une montre à cylindre.

Grosses horloges. — Remontoirs à force constante. — Sonneries. — Pendules à équation.

CHRONOMÈTRE (par *M. Bréguet*). — Utilité des chronomètres dans la navigation. — Du régulateur. — De l'Échappement libre. — Du moteur. — Du rouage. — Du balancier compensateur. — Mode de construction et d'assemblage des pièces. — Forme du ressort spiral.

ROUES DENTÉES (SYSTÈME DE). — Rapport de vitesse dans un système composé de roues et de pignons. — Détermination du nombre de roues et du nombre des dents de ces roues pour obtenir un rapport de vitesse entre deux autres. — Cas où les deux termes du rapport sont des nombres premiers. — Méthode d'approximation.

COMPTEURS.

AUTOMATE. — De divers automates célèbres. — Description et figures du mécanisme de plusieurs automates.

MACHINES A CALCULER (par *M. Laboulaye*). — Machines du docteur Roth. — Machine de Babbage. — Règle logarithmique. — Abaque. — Arithmaurel. — Arithmomètre.

DES MACHINES GRAPHIQUES. — Planimètre de Oppikofer. — Arithmoplanimètre de M. Lalanne.

PLANIMÈTRE (par *M. Beuvière*). — Du problème de la mesure des surfaces. — Du planimètre Oppikofer. — Des inconvénients dans la pratique.

Système Beuvière. — Subdivision de la figure en bandes. — Transformation des parties triangulaires en rectangles équivalents. — Manière d'opérer.

ORGANES DE DISPOSITION (MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE). — *En ligne droite.* — Cardes. — Peignes. — Étirage. — Cylindres cannelés.

En ligne courbe. — Broche.

Entrelacement. — Tissus. — Tricots. — Navettes. — Lisses.

Organes classificateurs. — Cartons et cylindre de la Jacquart. — Tambour.

CARDES. — Apprêt du cuir. — Percement des trous. — Confection des dents. — Placement des dents.

CABLES ET CORDES. — Filature du chanvre. — Fil de caret.

COMMETTAGE DES FILS. — Travail à la main. — Machines à commettre.

CABLES EN FIL DE FER.

ÉPISSURE.

NOEUDS.

COTON (d'après le Dr. *Ure*). — Des diverses espèces de cotons. — Nettoyage du coton. — Batteur éplucheur et étaleur. — Cardes. — Étirage. — Tordage. — Banc à broches à mouvement différentiel. — Métier en fin. — Mull-Jenny.

Statistique de la filature du coton en France.

LIN (par *M. Alcan*). — Culture du lin. — Rouissage. — Rouissage par procédé chimique. — Macquage ou broyage. — Coupage du chanvre. — Peignage. — Peigneuse Girard. — Peigneuse Wortswood.

Cardage des étoupes. — Étalage. — Filage en gros. — Filage à sec. — Filage à l'eau chaude. — Système Decoster. — Filature des étoupes.

Statistique de la filature du lin en France.

RETORDAGE.

LAINES (par *M. Alcan*). Emploi industriel des laines selon leur caractère.

LAINES PEIGNÉES. — Désuintage. — Battage. — Peignage à la main. — Peigneuse Collier. — Peigneuse anglaise. — Défeutrage. — Laminage, doublage et tortillonnage. — Filage en gros. — Du hérisson. — Filage en fin au Mull-Jenny. — Dévidage.

LAINES CARDÉES. — Désuintage. — Battage. — Graissage. — Cardage. — Filage. — Description des anciens métiers. — Mull-Jenny.

FABRICATION DES DRAPS. — Foulage. — Foulon ordinaire. — Foulon anglais. — Machines Valery et Lacroix. — Apprêt. — Lainage ou garnissage. — Tondage. — Tondeuse Collier. — Tondeuse Poupart.

DERNIERS APPRÊTS. — Apprêt à la chaleur et à la vapeur.

DRAPS-FEUTRES. — Dessin et description des machines inventées pour cette fabrication. — Défauts du produit.

FIL DE LAINE FLOCHE (par *M. Rouget de Lisle*). Qualités que doit posséder le fil de laine pour la broderie en tapisserie. — Choix de la laine. — Manière d'apprêter la laine peignée. — Apprêt des fils.

CHAPEAUX.

CHAPEAUX DE FEUTRE. — Secrétage des poils. — Arçonnage. — Foulage. — Mise en forme. — Apprêt. — Machines américaines pour fabrication mécanique.

Chapeaux de soie. — Chapeaux mécaniques. — Chapeaux de paille.

SOIE (par *M. Alcan*). Production de la soie. — Longueur et disposition du fil d'un cocon. — Composition d'un cocon. — Consommation de la soie en France.

TIRAGE DE LA SOIE DU COCON. — Tour Bourcier. — Tour Robinet. — Tour Locatelli. — Du battage des cocons.

MOULINAGE DE LA SOIE. — Moulin rond. — Moulin ovale. — Moulin à dévider. — Dévidoir de Guilléni. — Condition des soies. — Dessins et description des machines employées en Angleterre pour le moulinage. — Devidoir automatique.

CORDONNET. — Description du métier à cordonnet. — Mouvements combinés des bobines qui portent les fils.

BONNETERIE. — Des divers objets qui se fabriquent en tricots. — Description des diverses pièces qui entrent dans le métier à tricoter. — Tricot à côtes. — Metier circulaire ou tricoteur continu.

TISSAGE (par *M. Alcan*). — Notions générales de tissage. — Classification des tissus.

Ourdissage. — Pliage et montage. — Encollage et parage. — Mouillage des trames.

Armures. — Armures fond de toile ou taffetas. — Armure Batavia ou croisée. — Armure sergée. — Armure satin.

Velours. — Gazes.

Tissus façonnés. — Mise en carte.

Métier du tisserand. — Métier à cylindres. — Métier à tisser.

Métier mécanique. — Métier à la tire.

Métier à la Jacquart. — Montage de la Jacquart. — Empoutages. — Moquettes.

Tissus brochés.

Dispositions générales des principaux tissus. — Étoffes pour meubles. — Étoffes pour gilets. — Tissus de velours.

Tissage à hautes lisses. — Montage de la chaîne. — Exécution du travail.

Travail des tapis veloutés.

Digitized by Google

FILETS. — Machine de M. Pecqueur pour fabriquer mécaniquement les filets de pêche.

BATTANT-BROCHEUR.

CACHEMIRE. — Introduction du cachemire en France. — Mode de fabrication du châle de l'Inde. — Du cachemire français.

BRODERIE (par *M. Rouget de Lisle*). — Des diverses sortes de broderies. — Point de broderie. — Broderie en tapisserie. — Broderie en velours. — Métiers à broder. — Machine à broder de Heilmann.

Dessin et description détaillée de cette machine.

TULLE. — Description du tulle. — Mode de fabrication. — Bobine plate. — Barre du métier à tulle. — Mouvement des bobines.

PLIAGE DES ÉTOFFES. — Machine à métrer de M. Mannier de Vesserling. — Avantages qu'offre cette machine.

Mécanique appliquée aux machines.

1° RÉCEPTEURS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES. — Définition des machines. — Travail des forces. — Expression et mesure du travail. — Principe de la transmission du travail. — Équation des forces vives.

De l'établissement des machines industrielles. — Conditions générales du problème. — Détermination exacte du but que l'on doit chercher à atteindre en construisant des machines.

FREIN DE PRONY.

TRAVAIL UTILE. — Résultats d'expériences sur le travail produit par les moteurs animés. — Sur le travail consommé par les principales fabrications mécaniques.

DYNAMOMÈTRE. — Facteurs du travail, effort et chemin parcouru. — Ressorts. — Chemin parcouru par un stile. — Relèvement des courbes. — Dynamomètre à compteur. — Dynamomètre de rotation, — à stile, — à compteur. — Dynamomètre américain, — nouveau compteur par engrenages.

Indicateur de Watt perfectionné.

MÉCANIQUE GEOMETRIQUE (RÉCEPTEURS).

MOTEURS ANIMÉS. — Force de l'homme. — Action produite par la force des bras. — Par le poids du corps. — Force des animaux. — Manége.

PESANTEUR. — *Des solides.* — *Des liquides.* — Balance d'eau. — Balancier hydraulique. — Roues à augets. — Roues de côté. — Turbines Burdin. — Roues Poncelet. — Machine à colonne d'eau.

INERTIE. — *Des liquides.* — Roues à palettes plates. — Turbine Fourneyron. — *De l'air.* — Moulin à vent.

MOTEURS SECONDAIRES. — Pression atmosphérique. — Ressorts.

CHALEUR. — (Voir introduction et art. Calorie.) — Élévation d'un liquide par l'action directe de la vapeur. — Machines rotatives. — Machines à vapeur à corps de pompe et piston.

ARTILLERIE.

HYDRAULIQUE (par *M. Debette*). — Lois de l'écoulement de l'eau contenue dans un réservoir. — Des eaux courantes. — Des canaux. — Des rivières. — Lois du mouvement de l'eau dans des tuyaux de conduite. — Jaugeage des disiributions d'eau. — Cuvette de jauge et de distribution de la machine de Marly.

DE L'EAU EMPLOYÉE COMME MOTEUR. — Balance d'eau. — Bélier hydraulique. — Machine à colonne d'eau. — Roues à augets. — Roues à aubes planes. — Roues de côté. — Roues à aubes courbes. — Turbines. — Turbine Fourneyron. — Turbine Jonval. — Hydropneumatisation. — Turbine Thomas, prenant l'eau par-dessous. — Roues à couloirs. — Roues à réaction.

MACHINES POUR ÉLEVER L'EAU. — Vis d'Archimède. — Noria. — Roue à godet. — Roue à tympan.

COURS D'EAU. — Utilisation au profit de l'industrie de la pente des cours d'eau. — Utilisation de la Seine à Paris. — Projet de M. Arago.

MACHINE A VAPEUR (historique et notions générales). — Héron d'Alexandrie. — Vitruve. — Branca. — Salomon de Caus. — Papin. — Machine de Savery. — Machine de Newcomen. — Machine de Watt, à simple effet, — à double effet. — Brevets de Watt. — Emploi de la détente. — Machines de Wolf. — Machines sans balancier. — Machines oscillantes. — Machines rotatives.

MACHINE A VAPEUR (THÉORIE) (par *M. Laboulaye*). — Lois physiques qui servent de base à la théorie de la machine à vapeur.

CALCUL DU TRAVAIL. — Travail de la vapeur à pression pleine. — Travail dû à la détente. — Quantité de travail par unité de chaleur.

Nécessité de corriger les résultats obtenus en tenant compte des éléments négligés.

Chaleur absorbée par la détente. — Vérification des résultats obtenus par l'expérience.

Autres éléments négligés dans les formules. — Frottements. — Espace nuisible.

Nécessité d'un coefficient déterminé par expérience pour chaque genre de machines.

Emploi de l'indicateur de Watt. — Ses avantages pour étudier la distribution.

MACHINES A VAPEUR COMBINÉES. — Description.

Avantages illusoires de cette invention.

MACHINES A AIR CHAUD. — Description de l'invention d'Ericson. — Sa comparaison avec la machine à vapeur. — Démonstration qu'elle ne peut que lui être égalée théoriquement, mais avec une infériorité notable dans la pratique, malgré tout ce que cette invention offre de remarquable.

DÉTENTE (par *M. Debette*). — Du recouvrement du tiroir. — Système Farcot pour la détente variable. — Système Meyer pour locomotives. — Détente Trésel.

AVANCE DU TIROIR dans les locomotives. — Rapport de M. Lamé sur un travail de M. Clapeyron, relatif à cette question, resumant les progrès accomplis.

ENVELOPPES DU CYLINDRE.

GAZ (MACHINE A). — Machine à gaz carbonique par Brunel. — Fausseté du principe sur lequel cette machine était fondée.

EXPLOSION (MACHINES A). — Essais tentés infructueusement dans cette voie. — Machine Brown. — Système Selligue proposé pour la propulsion directe des bateaux. — Dessin et description de l'inventeur.

2° OUTILS ET MACHINES.

OUTILS. — Forme des tranchants.

MÉCANIQUE GÉOMETRIQUE (OPÉRATEURS).

PRESSION. — Presses à vis. — A excentrique. — Hydraulique. — Banc à tirer. — Découpoir. — Marteaux. — Laminoir. — Meules.

DIVISION. — Limes. — Meules de grès. — Ciseau. — Machines à planer. — Scies. — Cisailles.

Tour. — Alésoir. — Filière. — Taraud.

RÉSISTANCE DES SOLIDES (par *M. Laboulaye*). — Structure des corps. — De la ténacité et de l'élasticité. — Résistance des prismes aux allongements, aux compressions. — Coefficient d'élasticité. — Résultats d'expériences pour les divers corps.

Rupture par extension.

Des fers durs et des fers doux. — Résistance des métaux à l'écrasement. — Influence de la durée de l'action sur la résistance.

Résistance des pierres, des briques. — Résistance des bois. — Résistance à des actions transversales. — Résistance des cordes et courroies.

PRESSES. — Presse à levier. — Presse à vis. —

Digitized by Google

Presse à cylindres. — Presse à excentriques. — Presse à coin. — Presse hydraulique.

BANC-A-TIRER. — Pinces. — Filière simple. — Filière composée. — Précautions à prendre pour un bon travail. — Exécution de profils variés. — Banc à emboutir. — Tubes-Cordes.

FILIÈRES EN PIERRES FINES (par *M. Garapon*). — Perçage de la pierre. — Forme du trou. — Tréfilerie des métaux précieux.

LAMINOIR.

CALANDRE.

GAUFRAGE.

CHOC. — Emploi des effets produits par les chocs dans diverses opérations industrielles. — Sonnettes pour enfoncer les pilotis.

DÉCOUPOIR (par *M. Dubied*). — Couteau ou emporte-pièce. — Piston et lunette. — Emploi du marteau ou du balancier pour découper. — Fabrication des écrous au découpoir.

MARTEAU A VAPEUR. — Marteau mû par action directe de la vapeur, inventé par MM. Bourdon et Nasmyth. — Disposition de l'appareil. — Limitation de la course à volonté. — Emploi pour l'enfoncement des pilotis.

MACHINE A LOUPES.

LIME. — Des divers genres de limes. — Choix de l'acier. — Forgeage des limes. — Dressage. — Taille. — Machine pour tailler les limes mécaniquement. — Trempe des limes. — Céments divers.

PERCER. — *Outils pour percer les tôles.* — Découpoir. — *Outils pour percer le bois.* — Vrille. — Vilbrequin. — Mèches. — Mèches anglaises. — *Outils pour les métaux.* — Forets. — Machine à percer. — Machine de Whithwort.

RABOT. — Construction du rabot. — Machine à raboter les métaux.

DIVISION DES ROUES D'ENGRENAGE (par *M. Mathieu*). — Division à la main. — Machine à diviser. — Plate-forme. — Porte-outil. — Fraise.

Division des plates-formes. — Emploi de la vis sans fin. — Diviseur universel de M. Decoster. — Fraise de M. Decoster pour tailler les dents.

SCIERIE MÉCANIQUE (par *M. Mangon*). — Scieries à mouvement alternatif. — Scieries qui s'établissent dans les forêts. — Dessins et description de la scierie perfectionnée de M. E. Philippe.

Scieries à placage. — Scieries pour les jantes des roues.

Scieries à mouvement continu. — Scies circulaires. — Dessins et description de ces scies.

Renseignements généraux. — Lame de la scie. — Voie. — Quantité de travail mécanique que les scieries consomment par unité de surface de sciage.

CISAILLES. — Cisailles à la main. — Construction des grosses cisailles. — Cisailles circulaires.

HACHE.

FRAISE.

TOUR (par *M. Dubied*). — Tour à pointes. — Manière de monter une pièce sur le tour.

Tour en l'air.

Tour à pointes à engrenages. — Tour à plateau. — Tour parallèle et à chariot.

Forme des outils. — Vitesse du tour suivant la nature des substances travaillées.

Tour à portrait.

ALÉSOIR (par *M. Dubied*). — Alésoir à main. — Alésoir automatique vertical. — Défauts des alésoirs horizontaux.

SONDAGE, SONDE (par *M. Debette*).

SONDAGE AVEC SONDE ORDINAIRE A TIGE RIGIDE. — Composition d'une sonde. — Tête. — Tiges. — Outils. — Clef de retenue, — de relevée. — Tourne-à-gauche. Caracole. — Tire-bourre. — Cloche à écrou. — Accrocheur à pinces de Kind.

Manœuvre de la sonde. — Engins. — Exemples de vitesse de sondage.

Glaisage et tubage des trous.

Perfectionnements récents. — Division de la tige en deux parties. — Tiges en bois. — Déclic de Kind.

SONDAGE A LA CORDE. Sondage chinois. — Système Jobard. — Système de M. Goulet-Collet.

SONDAGE AVEC TIGE RIGIDE CREUSE. — Procédé Fauvelle.

TARAUD (par *M. Dubied*). — Tarauds cylindriques. — Tarauds coniques. — Tarauds triangulaires. — Tarauds polygonaux. — Tarauds à saillies rapportées.

Construction des tarauds à métaux.

Tarauds à bois.

FILIÈRE (par *M. Dubied*).

FILIÈRES SIMPLES. — Leur mode d'action. — Leur fabrication.

FILIÈRES DOUBLES. — Forme du fût. — Forme des coussinets. — Filières à trois coussinets.

Machine à fileter et à tarauder.

Filières à bois.

CONSTRUCTION DE MACHINES (par *M. Faure*). De l'organisation générale d'un grand atelier de construction.

FONDERIE. — Fours à réverbère. — Cubilots. — Ateliers de moulage, — de menuiserie de modèles.

ATELIERS DE FORGEAGE. — Atelier de forgeage à la main. — Atelier pour le forgeage mécanique.

ATELIERS POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX A FROID. — Cisailles. — Travail de la lime. — Machines à percer. — Tours. — Alésoirs. — Machines à raboter. — Machines à mortaiser, — à diviser, — à tarauder. — Ajustage et montage.

CLEF (par *M. Paulin Désormeaux*). — Clef carrée. Clef fendue. — Clef à goujons. — Clef à pincettes. — Clef anglaise perfectionnée.

MACHINE A VAPEUR (par *M. Julien*). — *Construction.* — Assemblage de deux pièces fixes. — d'une pièce fixe et d'une pièce mobile, — de deux pièces mobiles.

PIÈCES GÉNÉRALES DES MACHINES. — Boulons et écrous. — Charnières. — Douilles. — Tés. — Tourillons. — Chapes. — Clavettes. — Supports. — Leviers. — Stuffingbox. — Poulies. — Décomposition des pièces en séries.

CHAUDIÈRES A VAPEUR. — Vaporisation. — Fourneaux. — Générateurs. — Appareils de sûreté. — Tuyaux distributeurs. — Tiroirs et soupapes. — Mouvements des distributeurs.

MACHINE. — Modérateur. — Cylindres et corps de pompe. — Pistons et garnitures. — Tiges. — Guides. — Balanciers. — Bielles. — Manivelles. — Volants.

Théorie générale du travail de la vapeur. — Machines à deux cylindres. — Condensation. — Détermination de la pompe à eau et à air. — Alimentation. — Bâti.

Tableau des dimensions proportionnelles des parties des machines à vapeur depuis 1 de cheval jusqu'à 500 chevaux.

DES DIVERS GENRES DE MACHINES A VAPEUR. — Machines d'épuisement. — Machines de Cornouailles. — Machines pour soufflerie. — Machines à balancier. — à bielles, — horizontales, — oscillantes. — Machines à cylindre tournant. — Inclinées, — à tige-bielle, — à bielle en retour. — Machines verticales.

2° *bis* FABRICATIONS MÉCANIQUES.

AIGUILLES. — Coupage du fil d'acier. — Redressage. — Aiguisage. — Perçage. — Polissage. — Triage.

EPINGLE. — Redressement du fil. — Empointage. — Découpage. — Tortillement des têtes. — Couper les têtes. — Recuire les têtes. — Frapper les têtes. — Décaper les épingles. — Les blanchir. — Polissage. — Vannage. — Piquage des papiers. — Boutage.

CLOUS. — Clous forgés. — Travail du cloutier. —

Digitized by Google

Fabrication semblable par procédé mécanique. — Pointes de Paris. — Machine à pointes.

Clous découpés dans la tôle de fer.

FAUX. — Fabrication de la Styrie. — Faucille. — Faux flamande. — Faux à râteau.

ANCRE.

CABLES EN FER. — Choix du fer. — Forme des mailles. — Fabrication par le procédé Brunton. — Placement des étançons.

ARMES A FEU. — Forgeage des canons, nouveaux procédés. — Forage. — Carabinage. — Dispositions des appareils à percussion. — Batterie. — Système Fontenau. — Carabines Delvigne. — Balles cylindro-ogivales.

Armes se chargeant par la culasse. — Fusil Lefaucheux. — Fusil Robert. — Cartouches Chaudun.

CLINQUANT. — Fabrication du clinquant. — Clinquant blanc. — Clinquant rouge. — Clinquant bleu.

BATTEUR D'OR. — Description des opérations successives. — Battage mécanique.

BOUTONS. — Boutons à un trou, — à plusieurs trous. — Boutons moulés. — Boutons fondus. — Boutons découpés. — Boutons métalliques. — Boutons en pâte céramique.

PLUMES MÉTALLIQUES.

CISELEUR (par *M. Paulin Désormeaux*). — Le ciseleur est souvent un artiste. — Importance de son œuvre pour la perfection d'une œuvre d'art. — Travail du ciseleur.

ESTAMPAGE. — Base de plusieurs fabrications.

CUIVRES ESTAMPÉS. — Des moules. — De la percussion par une masse de plomb. — Emploi de l'eau pour faire venir les parties les plus fines.

CAPSULES FULMINANTES. — Procédés mécaniques inventés par M. Tardy. — Découpage. — Sassage. — Chargement.

MOULURES. — Machine de M. Roberts (de Manchester), pour faire des moulures en feuilles métalliques.

CHAUDRONNERIE. — PETITE CHAUDRONNERIE. — Retreinte au marteau. — GROSSE CHAUDRONNERIE (par *M. Barrault*). — Machines mues par l'action directe de la vapeur, de M. Lemaître, de La Chapelle Saint-Denis. — Machine à découper. — Machine à percer. — Machine à cintrer. — Des rivets. — Machine à river.

FER BATTU. — Ustensiles en fer embouti et étamé. — Importance et avenir de cette fabrication. — Méthodes de travail.

MONNAIE. — Historique. — De la fonte des métaux. — Machine à couler les lingots de Boulton. — Laminage. — Etirage. — Recuit. — Découpage des flancs. — Décapage. — Monnayage au balancier. — Dessin et description de la presse de Munich. — Pèse-monnaie.

BIJOUTIER-JOAILLIER (art du). — Métaux employés. — Moulage. — Laminage. — Estampage. — Gravure. — Des soudures.

Montage des pierres par sertissure.

Mise en couleur.

JOAILLERIE (par *M. Barral*). — Dessin d'un bijou. — Découpage. — Dé à emboutir. — Bouterolle. — Mise en ciment des pierres. — Sertissure. — Soudures. — Monture des roses.

BIJOUTERIE (par *M. Barral*). — De l'or employé en bijouterie. — Catégories diverses de bijouterie.

Bijouterie d'art. — Modelage. — Moulage. — Soudure. — Dérochage. — Polissage. — Mise en couleur. — Assemblage.

Bijouterie de haute fantaisie. — Description de la fabrication d'un bracelet.

Bijouterie de consommation à bon modèle. — Bijouterie en plein. — Bijouterie en creux. — Filigrane. — Exécution de filigranes. — Description des procédés suivis dans l'atelier de MM. Cristofle et Ce.

Bijouterie de corail. — Mise en œuvre des matières à faire les camées. — Bijouterie en mosaïque. — Emploi des perles. — Perles de roses de Turquie. — Bijouterie de deuil. — Bijou doublé et bijou doré.

ORFÉVRERIE (par *M. Barral*). — Du véritable but de l'orfévrerie. — Des divers styles d'orfévrerie. — Des nielles. — Procédé de MM. Mention et Wagner. — De l'emploi des émaux. — Quantités d'argent employées dans l'orfévrerie. — Soudures de l'orfévrerie d'art. — De la vaisselle plate et montée. — De la fabrication des couverts.

Dessins et description de la fabrication des couverts, par procédé mécanique, de M. Denière.

PLAQUÉ (par *M. Barral*). — Historique. — Fabrication des feuilles de plaqué. — Travail par la retreinte, — par l'estampage. — Bordures en argent.

Plaqué sur fer. — Orfévrerie de cuivre. — Maillechort.

PIANO (par *M. Blanchet*).

I. De la charpente. — Du barrage. — De la table d'harmonie. — Des cordes et de leurs diamètres.

II. De la mécanique. — Description d'une mécanique perfectionnée.

III. De l'ajustement. — Soins nécessaires.

Conclusion.

SERRURERIE (par *M. Curtel*). — Forge. — Soufflet. — Etaux. — Machines à percer.

Serrurier en bâtiments. — Des ouvrages en fonte. — Des gros fers. — Des objets de quincaillerie.

Serrures simples. — Dessins et description des principales serrures à combinaisons. — Serrure de Bramah.

Serrurier en voitures. — Fabrication des ressorts. — Des essieux.

COUTELLERIE.

TUYAU. — Tuyaux en bois. — Tuyaux en terre cuite, — en grès. — Tuyaux en verre.

Tuyaux en plomb, par pression, à la presse hydraulique.

En fer. — Soudés et étirés à chaud.

Tuyaux en zinc. — Tuyaux en cuivre. — Tuyaux en fonte. — Tuyaux en tôle.

Tuyaux en tôle et bitume. — Description complète de la fabrication des tuyaux Chameroy. — Avantages qu'offrent ces tuyaux.

CRAYONS. — Fabrication de Conté. — De la plombagine. — Insertion de la mine dans le bois. — Fabrication par machines. — Crayons à dessin. — Pour le pastel. — Composition de la pâte. — Moulin pour sa préparation. — Four pour la cuisson.

BROYER (art de) (par *M. Rouget de Lisle*). — Classification des substances qu'on réduit en poussière. — Influence des procédés employés sur la forme des particules des corps et leur manière de se comporter dans divers emplois. — Pilons. — Cylindres. — Meules. — Des grilles. — Des blutoirs. — Pulvérisation des bois de teinture. — Procédé Valery.

CHOCOLAT. — Des diverses espèces de cacaos. — Moulin pour le broyage du cacao et la préparation du chocolat.

MOULIN A BLÉ (par *M. Mangon*). — Historique. — Mouture économique. — Mouture américaine ou à l'anglaise. — Mouture à gruaux.

Disposition générale d'un moulin. — Appareils de nettoyage. — Émotteur. — Nettoyeur. — Cylindre cribleur. — Mouillage. — Cylindres comprimeurs. — Meules. — Outils pour le rhabillage des meules. — Disposition des meules. — Beffroi. — Récipient à boulange. — Râteau refroidisseur. — Bluterie. — Appareils accessoires.

Moulins portatifs.

Prix d'établissement des moulins. — Force motrice par paire de meules.

Digitized by Google

Importance de l'industrie de la mouture du blé dans un pays tel que la France.

MOULINS A VENT. — Moulins à ailes verticales. — Description du mécanisme d'un moulin.

Moulin de M. Amédée Durand, pour élever l'eau destinée à des irrigations.

LIÉGE (par *M. Jobard*). — Du chêne liége. — Fabrication des bouchons à la main. — Dessin et description de la fabrication mécanique de M. Moreau.

SACS ET ENVELOPPES. — Machine de M. Rémond (de Birmingham). — Emploi de l'air pour porter la feuille de papier. — Succession des opérations. — Figure et légende.

LAPIDAIRE (art du). — Tour du lapidaire. — Outils. — Tailles diverses des pierres. — Manière de les fixer.

POULIES. — Emploi des poulies. — Système de fabrication mécanique de M. Brunel.

Machine à percer les poulies. — Machine pour donner les formes. — Machines à mortaiser et à entailler les gorges des poulies.

3° RÉSISTANCES AU MOUVEMENT.

MÉCANIQUE GEOMETRIQUE. *Résistance due à la pesanteur.* — Élévation des solides. — Treuil. — Grue. — Élévation des liquides. — Chapelet. — Tympan. — Vis d'Archimède. — Roues à palettes plates. — Pompes.

Résistances d'inertie et résistances passives.

Traction. — Roues. — Rouleaux. — Roues à palettes. — Hélices. — Ventilateur. — Machine soufflante.

RÉSISTANCES PASSIVES. — Frottement. — Proportionnel à la pression. — Indépendant de l'étendue de surfaces en contact et de la vitesse du mouvement.

Tableau des coefficients de frottement pour les divers corps.

POMPE (par *M. Debette*). — Pompes domestiques. — Pompes rotatives. — Pompe des prêtres. — Pompes d'épuisement. — Pompes Letestu. — Pompes à plongeur. — Soupapes de Cornouailles. — Pompes à incendie.

CHÈVRE. — Son emploi dans les constructions. — Treuil et sapine.

GRUE (par *M. V. Bois*). — Grues à simple volée, à arbre tournant, — à arbre fixe. — Grues à double volée. — Grues du quai d'Orsay. — Grue Arnoux. — Grue-balance. — Système George. — Système Decoster. — Théorie des Grues.

GRUE HYDRAULIQUE. — Dispositions adoptées pour les principaux chemins de fer.

TREUIL HYDRAULIQUE (par *M. Mangon*). — Systèmes divers de treuils et de grues employés dans les docks de l'Angleterre. — Grue à volée mobile.

MACHINE A EXTRACTION.

VOITURES. — Théorie des roues. — Écuanteur des roues. — Des essieux et des boîtes. — Boîtes patent. — Ressorts. — Train. — Voitures à six roues de Sidney Smith. — Attelage.

LOCOMOTIVE (par *M. Debette*). — Historique. — État actuel. — Appareil de vaporisation. — Nouvelles dispositions. — Appareil moteur. — Coulisse Stephenson. — Bâti ou châssis. — Tender.

De la stabilité des machines locomotives.

Divers systèmes de machines. — Machines à voyageurs. — Machines mixtes. — Machines-Crampton. — Machines à marchandises. — Machines-tender. — Machines américaines. — Machines pour les fortes rampes. — Tableau des principales dimensions des machines.

BATEAU A VAPEUR (par *M. Laboulaye*).

FORME DU BATEAU. — Avant du bateau. — Moyen de diminuer la résistance qu'il rencontre. — Flancs et arrière du bateau.

MACHINE A VAPEUR. — Machines oscillantes. — Machines à balancier. — Machines à action directe. — De la pression. — De la détente et de l'avance du tiroir. — Des diverses formes des chaudières. — Des réservoirs de vapeur. — Des conduites de vapeur. — Des dépôts salins.

APPAREILS DE PROPULSION. — Roues à aubes. — Système Cavé. — Système Morgan.

Travail utile des roues à aubes.

Rapport de la dépense de travail aux accroissements de vitesse du bateau.

Hélices. — Système Smith. — Système Rennie. — Système Ericson.

RÉSISTANCE DES FLUIDES (par *M. Laboulaye*).

LIQUIDES. — Cohésion. — Frottement. — Résistance directe. — Effet des proues. — Effet des poupes.

AIR. — Formule de M. Thibaut. — Application aux voiles.

MACHINES SOUFFLANTES (par *M. Debette*). — Trompe. — Machine à piston. — A grande vitesse. — A petite vitesse. — Cagniardelle. — Tympan formant machine soufflante. — Ventilateur.

BOUCHES A FEU (par *M. Laboulaye*). — Longueur d'âme en proportion des vitesses à imprimer aux projectiles. — Des métaux convenables pour la fabrication des bouches à feu. — Canons en bronze. — Canons en fonte. — Canons en fer. — Dans quelle direction des essais devraient être tentés. — Canons en fer et en fonte. — Description de la fonte des canons. — Du forage et du travail mécanique.

AIR COMPRIMÉ. — Fusil à vent. — Briquet pneumatique. — Appareil Triger pour la traversée des terrains aquifères et le travail sous l'eau.

CLOCHE DE PLONGEUR.

EAUX GAZEUSES. — Historique. — Moyens employés pour obtenir l'acide carbonique. — Système de Genève. — Système continu de Bramah. — Système Vernaut et Barruel. — Système Savaresse. — Méthodes pour boucher les bouteilles. — Vase syphoïde. — Limonades gazeuses. — Eaux médicinales.

ESSORER (par *M. Rouget de Lisle*). — Moyens de sécher les étoffes mouillées. — Égouttage et tordage. Compression entre deux cylindres. — Hydro-extracteur à force centrifuge. — Dessin et description de l'appareil. — Prix de revient du séchage effectué par ce procédé.

PROJECTILES. — Forme des projectiles. — Projectiles formés par la réunion des projectiles d'un petit calibre.

Pénétration des projectiles, — dans le roc, — les maçonneries, — les terres; — dans les métaux. — Déformation et rupture des projectiles.

Fabrication des projectiles.

NAVIGATION (par *M. V. Dumoulin*). — Disposition de la voilure d'un vaisseau pour le faire avancer dans une direction oblique sur celle du vent. — De la dérive. — Du loch. — Du patent log des Anglais. — Loch de M. Clément. — Manière de se diriger en mer. — De la loxodromie. — Louvoyages.

LONGITUDES ET LATITUDES (par *M. V. Dumoulin*). — Détermination de la latitude d'un lieu par l'observation du passage du soleil au méridien. — Par deux hauteurs.

Détermination de la latitude, — par les chronomètres, — par deux observations.

Digitized by Google

CINQUIÈME SECTION.

GÉOMÉTRIE INDUSTRIELLE.

De même que la mécanique rationnelle forme dans son application aux corps, tels que la nature nous les offre, une science industrielle; la géométrie, l'autre partie de la science mathématique qui s'applique à des corps (car la science du calcul est une extension de la logique, un pur travail de l'esprit), forme la théorie d'une dernière science appliquée.

La géométrie industrielle renferme deux parties bien distinctes : l'une comprend les arts de construction, dont les beaux travaux de Monge forment la théorie; la charpente, la coupe des pierres, la construction en général rentre dans cette partie. La seconde forme la partie technique des beaux-arts; elle comprend les ombres, la perspective, le dessin en général, la gravure, la sculpture, etc. Toutes ces divisions se résument en une catégorie, arts d'imitation, car la création première est de l'art, l'industrie n'a qu'à imiter, à reproduire.

On voit que ces arts forment la transition de l'industrie aux beaux-arts et complètent parfaitement le cadre, formé de toutes les divisions précédentes, qui renferme la totalité du travail industriel.

Arts de Construction, d'Assemblage.

BOIS. — Pesanteurs spécifiques. — Classification des diverses espèces de bois qu'emploie l'industrie.

COUESRON OU COIRON (par *M. Paulin Désormeaux*). — Substance curieuse qui se trouve en Bretagne, et est très-propre au travail de la tabletterie.

ASSEMBLAGES.

ENDUITS-COLLES.

CIMENT-MASTIC. — Ciment-diamant qui sert à recoller le verre. — Dissolution de la gomme-laque dans l'alcool. — Mastic de fer. — Résine-mastic. — Principaux luts.

CIRE A CACHETER.

BITUME. — Différentes espèces de bitumes. — Calcaire bitumineux. — Préparation pour enduits et dallages. — Manière de l'employer.

COLLE DE PATE.

CARTES A JOUER.

GANTS.

ARTICLES DE PARIS.

ÉVENTAIL.

BROSSES.

RELIURE. — Battage du livre. — Grecquer. — Coudre. — Rogner. — Machine de M. Oldham pour rogner.

MENUISERIE.

ÉBÉNISTERIE.

AFFUT DES CANONS.

Affût de campagne. — Manœuvre et transport

Affût de montagne. — Affût de siége. — Affût de mortier. — Affût de place et de côte. — Affût marin.

PIERRES. — Tableau des caractères et usages des diverses pierres. — Silicatisation des pierres tendres.

PISÉ (par *M. Curtel*). — Préparation de la terre. — Battage de la terre. — Enduits.

MAÇONNERIE (par *M. E. Chevalier*). — Matériaux divers. — Choix et mise en œuvre des matériaux. — Fondations. — Construction par lits successifs. — Fiche. — Hachette. — Truelle.

Bossage à joints droits. — Bossage à onglets. — Bossage à double épaisseur.

Du fruit des murs. — Perrés. — Maçonnerie de briques. — Prix de la maçonnerie.

SCELLEMENT. — Au plâtre. — Au mastic. — Au plomb. — Manière d'opérer.

TUNNEL (par *M. Leroy*). — Circonstances qui nécessitent le percement d'un tunnel. — Formes et dimensions. — Travaux préparatoires. — Fonçement des puits. — Machines d'extraction. — Percement des galeries. — Aménagement des travaux. — Percement dans un terrain sans consistance. — Percement dans un terrain ébouleux et aquifère. — Description du percement des tunnels de Bleckingeley et Saltwood.

PAVAGE. — Extraction des grès. — Forme en sable. — Outils du paveur. — Disposition des joints. — Repiquage. — Pavés bitumés.

Pavage en bois. — Système Delille.

Carrelage et dallage. — Emploi des laitiers des hauts-fourneaux pour fabriquer des pavés.

TERRASSEMENTS (par *M. Tourneux*). — Importance du prix des travaux de terrassement. — Transport à la brouette. — Brouette anglaise. — Transport au tombereau. — Transport par wagons sur chemin de fer. — Du déchargement. — Échafaud mobile dit baleine.

Machines diverses employées au terrassement. — Excavateur américain. — Machine de M. Boutan.

PONTS. — Choix du système de pont à adopter. — Emplacement. — Largeur. — Débouché.

Fondations. — Sondages. — Fondation par batardeau. — Fondation par caisse étanche, — par caisse non étanche. — Fondation sur gravier, — argile. — Pilotis. — Sonnettes à tiraudes. — Sonnettes à déclic. — Récépages.

Fondation par caisson. — Fondation par encaissement.

Fondation sur un terrain vaseux, radier général. — Fondation sur grillages. — Construction hors de l'eau des piles et culées.

Cintres fixes. — Cintres retroussés. — Cintres mobiles.

Forme des arches. — Tracé des profils.

PONTS EN PIERRE. — Ponceaux. — Ponts à grande portée. — Pose des voussoirs. — Décintrement. — Voûtes de décharge. — Chappe. — Ponts-canaux. — Ponts-aqueducs. — Ponts-viaducs.

PONTS EN CHARPENTE, — à travées, — à l'américaine. — Ponts en charpente en arc de cercle.

PONTS EN MÉTAL. — Ponts en fonte. — Système de M. Polonceau.

Digitized by Google

Ponts biais. — Ponts mobiles. — Ponts de bateaux. — Ponts-levis. — Ponts tournants.

PONTS SUSPENDUS. — Câbles en fil de fer. — Chaînes. — Courbes de suspension. — Tiges. — Tablier. — Culées. — Piles.

PONTS AMÉRICAINS (par *M. Mangon*). — Fermes. — Tablier. — Moises. — Contreventement. — Levage. Prix d'établissement.—Calcul de la résistance des fermes.

SERRURERIE (GROSSE) (par **M.** *Mangon*).

CONSTRUCTIONS EN FER. — Fers de formes diverses qui se trouvent aujourd'hui dans le commerce. — Planchers en fer. — Fermes de combles pour grandes charpentes. — Exemples. — Gares des principaux chemins de fer.

PONTS TUBULAIRES. — Pont Britannia. — Pont sur le canal de l'Escaut. — Pont d'Asnières. — Pont du chemin de Ceinture.

AQUEDUC.

VOUTES (par *M. Claudel*). — Dimension des voûtes. — Joints de rupture. — Théorie. — Epaisseur des voûtes à la clef. — Épaisseur des pieds droits. — Méthode graphique de M. Méry. — Tracé de la courbe de pression. — Tableaux de M. Petit pour déterminer les dimensions des voûtes. — Usage des tables.

Théorie de M. Villarceau, conduisant à la construction de nouvelles voûtes.

ROUTES (par *M. Gibon*). — Détermination de la direction générale d'une route. — Principes de M. Brisson.

Du tracé. — Profil en long. — Profil en travers. — Déblais et remblais. — Prix de revient.

Construction des chaussées. — Chaussées pavées. — Chaussées en empierrement. — Chaussées à la Mac-Adam

Comparaison des diverses routes.

Entretien des routes.

ROULEAU COMPRESSEUR. — Des chaussées en empierrement. — Chaussées à la Mac-Adam. — Inconvénients qu'elles présentent après le chargement. — Rouleau Polonceau. — Rouleau Schattenmann. — Expériences.

CANAL (par *M. Déglin*). — Utilité d'un canal.

TRACÉ DES CANAUX. — Emplacement du point de partage. — Consommation d'eau par évaporation. — Filtration. — Perte par les portes. — Remplissage des écluses. — Réservoirs.

OUVRAGES D'ART. — Ecluses. — Portes d'écluse. — Introduction d'eau dans les sas. — Prise d'eau. — Déversoirs. — Aqueducs. — Syphons. — Ponts-canaux. — Traversé des lits des rivières.

Digues en terre. — En maçonnerie. — Souterrains.

Renseignements historiques et statistiques.

ÉCLUSE. — Dépense d'eau par éclusée. — Moyens divers tentés pour la réduire.

ÉCLUSE GIRARD. — Disposition du flotteur. — Des syphons. — Des soupapes. — Manœuvres du système.

CHEMIN DE FER (par *M. Debette*). — Historique. —Statistique des chemins de fer d'Europe,—de France.

CHEMINS DE FER DES MINES ET USINES. — Chemins à ornières. —Chemins de mines. — Système Serveille.— Chemin à la Palmer.

CHEMINS DE FER DE GRANDE COMMUNICATION. — Tracé des chemins de fer. — des pentes. — des courbes. — Du système Arnoux. — De la voie de fer. — Forme des rails. — Supports de la voie. — Pose de la voie. — Changements de voie. — Gares et stations. — Matériel.

Exploitation des chemins de fer. — Signaux.

Frais de construction et d'exploitation des chemins de fer d'Europe. — Tableau comparatif.

CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE. — Système Hallette. — Description du chemin de Saint-Germain.

CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE. — Système Samuda.—Système Hallette.—Piston de Saint-Germain.

PLANS INCLINÉS POUR CHEMINS DE FER ET CANAUX (par *M. E. Chevalier*). — Utilité des plans inclinés dans certains cas de la construction des chemins de fer et des canaux. — Plans inclinés américains. — Plan incliné du canal Morris près New-York.

MINES (EXPLOITATION DES) (par *M. Delette*). — Couches. — Filons. — Systèmes de filons. — Amas. — Mines en sac.

Recherche des mines. — Abattage des roches. — Exploitation à ciel ouvert.

Excavations souterraines. — Galeries. — Boisage des galeries. — Galeries en maçonnerie. — Puits. — Cuvelage. — Muraillement des puits. — Serrements.

MÉTHODES DIVERSES D'EXPLOITATION. — Grandes tailles dans le plan du gîte remblayées à fur et à mesure. — Gradins renversés. — Méthode par gradins droits. — Larges tailles horizontales.

AÉRAGE DES MINES. — Ventilation par foyer d'appel, — par machines.

Transport. — Extraction des minerais.

ÉPUISEMENT DES EAUX DES MINES. — Pompes élévatoires. — Pompes à piston plein.

Machine à colonne d'eau construite à Houelgat par M. Juncker.

Levé des plans des mines.

HOUILLE (par *M. Debette*). — Disposition des formations houillères. — Des failles et dykes.

Exploration du terrain houiller. — Puits et galeries à travers bancs. — Épuisement des eaux.

Exploitation proprement dite, — par piliers et galeries, — par grandes tailles.

Traction de la houille dans l'intérieur de la mine. — Extraction par les puits.—Aérage des mines de houille.

Statistique de la production de la houille.

TOURBE (par *M. Debette*). — Reconnaissance des bancs tourbeux. — Exploitation de la tourbe. — Moulage de la tourbe.

ARDOISE. — Exploitation à ciel ouvert. — Exploitation par galeries souterraines. — Qualité des ardoises. — Ardoises artificielles.

CARRIÈRES.

Arts d'imitation.

LEVÉ DES PLANS.

NIVELLEMENT (par *M. H. Mangon*).

LEVÉ DES PLANS. — Mesure des distances. — par chaînage, — avec des lunettes. — Mesure des angles. — Graphomètre. — Théodolithe. — Pantomètre. — Planchette.

NIVELLEMENT. — Principes. — Niveau d'Égault. — Moyens de vérifier la précision. — Niveau de Lenoir.— Niveau d'eau. — Mires. — Rapport du nivellement.— Clisimètres. — Niveau de Chézy. — Éclymètre.

Prix de revient des opérations de nivellement.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES OPÉRATIONS. —Courbes et hachures. — Cartes. — Représentation pour l'exécution des travaux.

CUBATURES.

HYDROGRAPHIE (par *M. V. Dumoulin*). — Construction des cartes. — Cartes plates. — Cartes réduites. — Levé des cartes marines. — Emploi des cartes marines. — Emploi des cartes à la mer. — Renseignements portés sur les cartes, — explications des signes qui y sont tracés.

DESSIN INDUSTRIEL (par *M. Rouget de Lisle*). — CALQUE DES DESSINS. — A l'aide d'une vitre. — A l'aide d'un papier frotté de sanguine. —A l'aide d'un papier piqué.—Machine à piquer les dessins par M. Barthélemy.

MÉTHODES POUR OBTENIR DES COPIES PROPORTIONNELLES. — Chambre noire. — Pantographe. — Equerre de Cigoli ou Diagraphe. — Chambre claire de Wollaston. — Procédé Rouillet pour amplifier les dessins. — Calcographe pour la reproduction des dessins de fabrique.

MISE EN CARTE DES DESSINS DE CHALE. — Machine de M. Grillet.

Principes fondamentaux de la composition artistique des dessins de fabrique.

PANTOGRAPHE. — Son emploi pour les réductions. — Machine Collas pour réduction des statues.

Digitized by Google

ORNEMENTS (Esthétique industrielle). Voy. Orfévrerie. — Dessin.

PERSPECTIVE ISOMÉTRIQUE. — Avantages de ce mode de représentation, surtout pour les machines. — Définitions. — Perspective d'un cube. — D'un cylindre. — D'une roue d'engrenage.

GRAVURE.

GRAVURE EN CREUX. — Gravure à l'eau forte. — Des vernis. — Application du vernis sur la planche. — Transport du dessin. — Des pointes. — Morsure à l'eau forte. — Gravure sur acier. — Liqueur de M. Deleschamps.

Gravure au burin. — Gravure en manière noire. — Gravure à l'aqua-tinta.

Gravure de la musique.

Machine à graver. — Tour à guillocher.

Machine de M. Collas.

GRAVURE EN TYPOGRAPHIE (par *M. Laboulaye*). — Des poinçons et contre-poinçons. — Pierre à l'huile et équerre. — Burins et limes. — Outils divers. — Calibres.

Travail du graveur. — Observations sur les formes des diverses lettres. — Des variations dans le goût relativement aux caractères.

Frappe des matrices. — Justification des matrices. — Machine à justifier. — Justification de l'italique.

Outils.

GRAVURE SUR BOIS (par *M. Pégard*). — Succession des opérations. — Genre classique. — Gravure classique. — Gravure en relief sur métaux, — par les acides, — par machine.

Gravure sur pierre lithographique.

Gravure sur pierres fines.

Gravure de médailles.

SCULPTURE PAR PROCÉDÉ MÉCANIQUE (par *M. Rouget de Lisle*). — Méthode de M. Amédée Durand pour mise au point. — Procédé de M. Collas. — Procédé de M. Sauvage. — Procédé de M. Dutel. — Procédé de M. Grimpé. — Procédé Girard. — Procédé de M. A. Durand. — Procédé de M. Graenacker. — Procédé de M. Moreau. — Procédé de M. Ardisson.

MOULAGE.

PATES MOULÉES.

FONDERIE DE FER (par *M. Barrault*). — Qualité de la fonte. — Matériel des fonderies. — Établissement des fourneaux. — Des grues. — Des étuves. — Machine à broyer. — Moulin à noir. — Des poches. — Des châssis.

Ustensiles des mouleurs. — Moulage en sable vert. — Moulage en sable vert séché. — Moulage en sable d'étuve. — Moulage en terre.

Exemples du moulage de diverses pièces. — Moulage en coquilles.

De la coulée.

Dispositions d'ensemble d'un atelier de fonderie.

CALEBASSE.

FONDERIE DE CUIVRE ET DE BRONZE.

Fonte des cloches. — Tableau des épaisseurs. — Tracé des formes. — Moulage.

FONDERIE DE ZINC (par *M. Barral*). — Développements de cette industrie à Berlin. — Ses avantages. — Manière d'opérer.

FONDERIE EN CARACTÈRES (par *M. Laboulaye*).

Conditions auxquelles doivent satisfaire les caractères d'imprimerie. — Métal convenable pour leur fabrication. — Du fourneau. — Du moule. — Emploi du moule. — De la ligne. — De l'approche. — Du moule américain.

Romperie. — Frotterie. — Composition. — Coupoir. — Apprêt.

Du typomètre.

Des caractères d'écriture. — De l'impression de la musique par caractères mobiles.

Interlignes. — Filets. — Garnitures.

Polisse des caractères.

FONDERIE MÉCANIQUE. — Fonderie polyamatype. — Procédé Herhan. — Procédé américain. — Caractères apyrotypes.

POLYTYPIE. — Fabrication de la matrice. — Fonte du relief. — Montage du cliché sur bois ou sur métal.

STÉRÉOTYPIE. — Procédé Didot. — Procédé Herhan. — Stéréotypie au moyen du plâtre. — Au moyen du papier.

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE (par *M. Brun*). — Modèle de la casse française. — Mode d'opérer du compositeur. — Composteur. — Galée. — Mise en pages. — Imposition. — Formulaire pour la correction des épreuves.

Dessin et description de la presse Stanhope. — Rouleau et table à encre. — Travail du pressier.

IMPRESSION MÉCANIQUE. — Essais de Nicholson. — Invention de Kœnig. — Machine de Donkin. — Presse double de Cowper et Applegath. — Presse en blanc. — Description de la presse à grande vitesse d'Applegath pour tirage des journaux.

COMPOSITION MÉCANIQUE.

Machine de MM. Young et Delcambre. — Vitesse du travail. — Prix de revient. — Machine à distribuer de M. Gaubert.

IMPRIMERIE EN TAILLE DOUCE.

Encrage de la planche. — A la main. — Au chiffon. — Du tirage. — De la presse.

ÉCRITURES (*moyen de les multiplier*). — Procédé de Brunel. — De Watt. — Prompt-copiste. — Instruments pour écrire à l'usage des aveugles.

LITHOGRAPHIE (par *M. Rouget de Lisle*). — Historique. — Pierres lithographiques. — Encres et crayons lithographiques. — Recettes de Lemercier et Engelmann. — Moulage des crayons. — Taille-crayons mécanique. — Dissolutions qu'on passe sur la pierres d'après le dessin. — Liquides pour effacer.

DE LA ZINCOGRAPHIE. — Ses avantages. — Manière de préparer la planche de zinc.

Pierres artificielles.

GRAVURE SUR PIERRE. — A la pointe sèche. — A l'aide de la machine à graver. — Pierre gravée par M. Neuber à l'aide des acides. — Tissierographie. — Pierre gravée par ce procédé.

Dessin au lavis. — Manière noire. — Dessin au frottis.

TRANSPORT SUR PIERRE, — Procédé de Sénéfelder. — De M. Knecht.

IMPRESSION. — Dessin et description de la presse lithographique. — Presse à cylindre. — Presse Quinet. — Presses lithographiques mécaniques. — Presse Perrot.

CHROMO-LITHOGRAPHIE. — Châssis à répérer.

Autographie.

IMPRESSION SUR ÉTOFFES (par *M. Rouget de Lisle*).

Historique. — Ouvrages sur cette industrie.

Disposition d'une fabrique. — Machines pour le lavage des pièces.

Produits et composés chimiques employés pour l'impression. — Préparation de ceux qu'on prépare le plus souvent dans les fabriques. — Préparation des principaux bains colorants. — Composition des mordants.

COULEURS ET TEINTURE POUR COTON. — Cerise. — Rouge. — Puce. — Lilas clair. — Lilas foncé. — Noir. — Jaune. — Bleu. — Orangé. — Bleu faïence, etc.

COULEURS POUR TISSUS DE LAINE. Noir. — Gris. — Rouge. — Ponceau. — Jaune. — Bleu. — Orangé. — Grenat, etc.

COULEURS POUR TISSUS DE LAINE ET COTON. — Rouge. — Jaune. — Bleu. — Grenat. — Marron. — Vert. — Violet. — Noir, etc.

COULEURS POUR TISSUS DE SOIE. — Pour tissus de laine et soie. — Pour l'impression des étoffes de laine en relief. — Pour l'impression des velours de coton.

DES DIFFÉRENTS GENRE D'IMPRESSION. — Classification et description des divers procédés employés.

De l'épaississement des mordants. — Lavage et séchage des toiles imprimées.

GRAVURE DE DESSINS. — Planches en bois. — Planche métallique en relief. — Planche plate. — Rouleaux. — Gravure au poinçoin. — Gravure à la molette. — Gravure à l'eau forte.

IMPRESSION. — Grillage des tissus. — Machine à enrouler. — Table à imprimer. — Manière d'imprimer

Digitized by Google

un bloc. — Impression au rouleau. — Machine à quatre rouleaux pour quatre couleurs. — Dessins et description de la Perrotine. — Métier à surface. — Système de M. Urbain.

PROCÉDÉS ET APPAREILS DIVERS. — Châssis pour l'impression simultanée de plusieurs couleurs. — Appareils pour rongeants. — Tireurs mécaniques.

FIXAGE DES COULEURS. — A la guérite. — A la boîte. — Enroulement des étoffes. — Fixage à la chambre. — A la cuve. — Fixage à la vapeur.

IMPRESSIONS DIVERSES. — Conversion. — Teinture ombrée. — Impression des foulards. — Emploi de l'acide nitrique. — Impression des étoffes de laine en relief. — Dessin et description de la machine employée pour cette fabrication.

PEINTURE EN BATIMENTS. — Peinture à la détrempe. — Peinture à l'huile.

Des dangers qui menacent les peintures vernies. — Conditions de leur bonne exécution (par *M. Tripier Devaux*).

BRONZAGE.

ENDUITS HYDROFUGES.

PAPIER PEINT. — Posage du fond. — Lisage. — Impression à la planche plate. — Nouvelles machines pour imprimer à l'aide de rouleaux. — Couleurs. — Papiers satinés. — Veloutés. — Dorés ou argentés.

DORURE SUR BOIS (par *M. Barral*).

DORURE EN DÉTREMPE. — Encollage. — Apprêt. — Application du mordant. — De l'or. — Brunissage.

Dorure des livres. — Dorure sur cuir.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE (par *M. Laboulaye*). — Conclusion de cet ouvrage. — Ce n'est pas seulement pour appliquer ses connaissances sur la nature que l'homme se livre au travail. — Études des relations du travail de l'homme avec ses intérêts, — des éléments moraux qui excitent au travail. — Méthode à suivre dans cette étude. — De la richesse. — Division de la science.

PRODUCTION DE LA RICHESSE. — Du travail. — Division du travail, — liberté du travail. — Du capital. — Des machines. — Des premiers éléments de la production. — De l'échange. — De la valeur. — De son évaluation en travail. — De la monnaie. — Variation des prix.

DISTRIBUTION DE LA RICHESSE. — Propriété des fruits du travail. — Sécurité de la propriété. — Rémunération du capital. — De la rente. — De la terre. — De la rente et des profits dans l'industrie. — Des monopoles qui imitent la concurrence; forment l'objet de l'étude concrète de l'économie politique. — De la circulation des capitaux. — Du crédit.

CONSOMMATION DE LA RICHESSE. — De l'épargne. — Du luxe. — De l'impôt. — De la population.

ÉCONOMIE DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE. — De l'agriculture en France. — De l'industrie française. — De l'agriculture et de l'industrie en France, en Angleterre et en Allemagne. — Relations intimes entre l'état politique et l'état économique d'un pays.

MONOPOLES PERSONNELS. — Exercice d'une industrie. — Brevets d'invention. — Extension de l'enseignement.

MONOPOLES DE PROPRIÉTÉ. — Institutions de crédit. — Banques. — Unions de crédit. — Crédit sur nantissement. — Société par actions. — Monopoles de concentration. — Encouragement aux petites fabrications.

MONOPOLES LÉGAUX. — Services publics. — Chemins de fer. — Des douanes et du libre échange.

STATISTIQUE de l'agriculture française (voy. Agriculture.

STATISTIQUE de l'industrie française.

Statistique de la production par départements. — Par nature du produit.

STATISTIQUE de l'industrie de la ville de Paris.

ÉCONOMIE DES MANUFACTURES (d'après *Babbage*). — Du lieu d'établissement. — Division du travail. — Emploi des machines. — Continuité du travail. — Emploi des résidus. — Comptabilité. — Commerce. — Achat des matières premières. — Vente des produits.

TENUE DES LIVRES. — Principes fondamentaux de la tenue des livres en partie double.

INVENTION (par *M. Laboulaye*). — De l'importance de l'invention dans l'industrie. — Moyens de développer l'esprit d'invention. — Jury d'examen. — Expérimentation.

AUTOMATIQUE. — En quoi consiste la fabrication dite automatique.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS (par *M. Paulin Désormeaux*). — Historique de sa création. — Organisation d'ateliers modèles pour les principales professions. — Grands avantages qu'on en retirerait.

BREVET D'INVENTION. — Texte de la loi actuellement en vigueur.

GARANTIE.

CHAUDIÈRE A VAPEUR (administration).

Ordonnance du 22 mai 1843, relative aux machines et chaudières à vapeur.

ETABLISSEMENTS INSALUBRES. — Division en quatre classes des établissements dangereux ou insalubres. — Formalités qui doivent précéder leur création.

ABATTOIR.

MINES. — Loi du 21 avril 1810 sur les mines.

ALGÉRIE (Avenir industriel de l').

TABAC (par *M. Barral*). — Industrie exploitée sous le régime du monopole.

Historique. — Impôt sur le tabac en France. — Pays de régime libre. — Pays placés sous le régime de l'impôt. — Régime de la mise en ferme. — Régime du monopole.

De la culture du tabac en France. — Achat des tabacs étrangers. — Magasins. — Transport des feuilles des magasins aux manufactures.

Frais totaux de la fabrication. — Transports des manufactures aux entrepôts. — Des entrepôts. — Valeur réelle du tabac. — Répression de la fraude. — Vente des tabacs aux débitants et aux consommateurs. — Bénéfice réel de la régie. — Consommation par tête.

Digitized by Google

CLASSEMENT PAR PROFESSIONS

DES ARTICLES

DU DICTIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES.

Notre livre correspond à une collection de traités à l'usage des personnes qui exercent les diverses professions entre lesquelles se divise le travail industriel. Nous attachons peu d'importance à une pareille classification qui fait perdre de vue les relations naturelles des diverses industries et annule le principal avantage de notre encyclopédie, de permettre dans chaque cas difficile de chercher dans les diverses industries voisines de celle que l'on exerce, si le problème qu'on étudie n'a pas été résolu.

Cependant nous présenterons aux personnes habituées à la forme de *Guides* ou *Manuels* la note suivante, qui leur montrera comment les principaux articles du Dictionnaire peuvent leur servir de guides pour la plupart des professions.

GUIDES ou *MANUELS* de :	*Articles à consulter.*
AGRICULTEUR.	Agriculture.
ALLIAGES (emploi des).	Alliages.
ACIER (fabricant d').	Acier. — Damas.
ARPENTEUR.	Nivellement.—Levé des plans.
ARTIFICIER.	Artifice. — Poudre. — Xyloïdine.
BÉTAIL (l'éleveur de).	Croisement. — Mouton.
BIJOUTIER, de l'ORFÈVRE et du fabricant de PLAQUE.	Orfévrerie.
BLANCHIMENT.	Blanchiment. — Dégraisseur.
BLANC DE ZINC ou de PLOMB (fabr. de).	Blanc de zinc. — Céruse.
BOULANGER et du MEUNIER.	Pain. — Moulin.
BRASSEUR.	Bière.
BROYEUR.	Broyer.
CHAUDRONNIER.	Chaudronnerie.
CHAUFOURNIER.	Chaux. — Mortier.
CHAUFFAGE.	Combustibles. — Chauffage. Fumée. — Fourneaux.
CONSTRUCTEUR des chemins de fer.	Chemin de fer. — Plans inclinés.
COKE (fabricant de) pour chemins de fer.	Coke.
CONSTRUCTIONS EN FER	Grosse serrurerie.
DESSINATEUR.	Dessin industriel.—Contraste des couleurs.
DORURE et ARGENTURE.	Dorure au mercure. — Par l'électricité.
DRAPS (fabricant de).	Laine. — Tissage.
EAUX GAZEUSES.	Eaux gazeuses.
ÉCLAIRAGE.	Éclairage.
ÉCONOMIE INDUSTRIELLE.	Économie des manufactures. — Invention. — Économie industrielle.
ENGRAIS (fabrication des)	Engrais.
FORGES (maître de).	Fer.
FILATEUR.	Coton. — Lin. — Laine.
FONDEUR EN FER.	Fonderie de fer.
FONDEUR EN CARACTÈRES.	Fonderie en caractères.
GALVANOPLASTIE.	Galvanoplastie.
GAZ (fabrication et épuration du).	Éclairage au gaz.
GRAVEUR.	Graveur en taille douce.— En typographie. — Sur bois.
HORLOGER.	Horlogerie. — Chronomètres. — Roues dentées. — Mouvement différentiel.
HOUILLE (exploit. de la).	Houille.
IMPRIMEUR D'INDIENNES.	Impression sur étoffes.
LITHOGRAPHE.	Lithographie.
LUTHIER.	Acoustique. — Musique. — Cordes d'instruments. — Pianos.
LOCOMOTIVES (constructeur des).	Locomotives.
CALCULATEUR.	Calculer. — Planimètres.
MACHINE A VAPEUR.	Machine à vapeur. — Théorie des machines à feu. — Construction.
MÉCANICIEN.	Construction de machines. — Outils. — Mécanique géométrique, etc., etc.
MÉTAUX (extraction des).	Argent. — Or. — Plomb. — Cuivre, etc.
MINEUR.	Minéralogie. — Mines. — Métallurgie.
NAVIGATEUR.	Hydrographie. — Navigation. — Longitudes et latitudes.
OPTIQUE.	Microscope. — Kaléidoscope. Polarimètre.
PAPIER (fabricant de).	Papier.
PAPIERS PEINTS.	Papiers peints.
PHOTOGRAPHIE.	Photographie.
PRODUITS CHIMIQUES (fabricant de).	Acide sulfurique. — Soude. — Noir d'os.—Phosphore, etc.
POTERIES (fabricant de).	Poterie. — Faïence.
PONTS ET CHAUSSÉES (ingénieur des).	Routes. — Rouleau compresseur.— Canal.— Ponts, etc.
SONDEUR.	Sondage. — Puits artésiens.
SOIERIES (fabricant de).	Soie.
SUCRE (fabricant de).	Sucre. — Glucose.
TANNEUR.	Tannage.
TÉLÉGRAPHIE.	Télégraphie. — Télégraphie électrique.
TEINTURIER.	Teinture sur coton. — Sur laine.
TERRASSEMENTS (pour la conduite des).	Terrassement. — Tunnel.
TISSERAND.	Tissage.
VERRIER.	Verre.
VENTILATION.	Ventilation.
TYPOGRAPHIE.	Imprimerie.
VERNIS et COULEURS (fabricant de).	Vernis. — Couleurs.
VINS (la fabrication des).	Vins.

Digitized by Google

MODE DE PUBLICATION.

Le DICTIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES a été publié en livraisons de 10 feuilles chaque (160 colonnes). Il forme 30 livraisons. Le prix de la livraison est de 2 francs.

L'ouvrage complet forme 4 magnifiques volumes à 2 colonnes, renfermant la matière de 25 volumes in-8° ordinaires. On peut aujourd'hui se procurer, soit immédiatement l'ouvrage complet, soit les livraisons à raison d'une ou plusieurs par semaine.

BIBLIOTHÈQUE
DES ARTS ET MANUFACTURES

Sous ce titre nous grouperons autour du **Dictionnaire des Arts et Manufactures** un certain nombre de volumes inspirés, comme cet ouvrage, par la pensée de fournir à l'homme laborieux les moyens de rendre ses efforts très profitables pour la société et pour lui-même. N'ayant plus à nous préoccuper dans ces ouvrages de faire apprécier l'ensemble du travail industriel, nous pourrons étudier complétement et à des points de vue divers, toute question qui nous paraîtra d'un grand intérêt.

Ce n'est pas d'ailleurs seulement d'ouvrages techniques que nous voulons composer cette collection : la littérature, la philosophie, la religion même y auront leur place. Aider le citoyen laborieux non-seulement à s'instruire, mais encore à s'élever moralement, à grandir en valeur, en dignité personnelle, tel sera le but que nous poursuivrons dans la mesure de nos forces. Nous comptons sur le concours de toutes les personnes qui ont déjà si bien accueilli nos travaux, pour donner à notre Bibliothèque tout le développement souhaitable.

SOUS PRESSE :

GUIDE DU CHAUFFEUR

PAR MM. GROUVELLE ET JAUNEZ.

4e Édition, divisée en deux parties :

GUIDE DU CHAUFFEUR

ET DU CONSTRUCTEUR DE FOURNEAUX ET CHAUDIÈRES A VAPEUR.

1 volume.

GUIDE DU CONDUCTEUR

ET DU CONSTRUCTEUR DE MACHINES A VAPEUR.

1 volume.

Ce livre, dont la première édition remonte à quinze ans, était inspiré par le sentiment profond de l'utilité de l'union de la théorie et de la pratique, de la science et de l'art, base solide sur laquelle repose le développement de l'industrie française. Nous sommes heureux de pouvoir placer en tête de notre collection un livre qui peut servir de modèle pour la rédaction de livres vraiment utiles. Trois éditions enlevées en peu d'années ont montré combien il est apprécié par les nombreux industriels qui emploient la machine à vapeur.

La nouvelle édition, complétée de tous les résultats intéressants obtenus dans ces dernières années, de toutes les recherches qui ont amélioré l'art du chauffage et la construction de la machine à vapeur, sera, nous n'en doutons pas, accueillie avec une extrême faveur.

Digitized by Google

TRAITÉ

DE

CINÉMATIQUE

OU THÉORIE DES MÉCANISMES

PAR

M. CH. LABOULAYE

Un beau volume in-8°, avec 400 gravures sur bois intercalées dans le texte.

Prix : 7 fr. 50 c.

Il n'est pas de lacune plus fâcheuse dans l'enseignement industriel et qui ait été plus souvent signalée par les hommes compétents, que celle de l'étude des mécanismes, dont la pratique, au moins jusqu'à des essais récents, pouvait seule procurer la connaissance.

Préoccupé depuis longtemps de la nécessité de rédiger un travail qui assurât un grand progrès, M. LABOULAYE a réuni de nombreux et importants matériaux; il a pu offrir un travail bien plus satisfaisant que celui de LANTZ et BÉTANCOURT, qui, malgré son ancienneté et son insuffisance, était encore le seul qui existât. Il a eu de plus la fortune de se rencontrer avec un savant anglais, M. WILLIS, de Cambridge, qui avait été également frappé de la nécessité de formuler la science des mécanismes. Ce sont donc les matériaux dus aux recherches des savants et des ingénieurs de la France et de l'Angleterre, que l'auteur a pu réunir dans cet ouvrage.

TABLE DES MATIÈRES.

Objet de la Cinématique. — Principes fondamentaux. — Comment les mouvements élémentaires sont nécessairement limités. — Division philosophique de la cinématique. — Comment elle résulte de la notion de machines, de l'introduction de points fixes dans un système en mouvement. — Des machines simples. — Du frottement dans les machines simples. — Des parties des machines. 1° Récepteurs. — 2° Organes de transformation de mouvement. — 3° Organes de modification de mouvement. — 4° Opérateurs.

LIVRE I. RÉCEPTEURS. — Moteurs animés. — Pesanteur. — Inertie. — Chaleur.

LIVRE II. ORGANES DE TRANSFORMATION DE MOUVEMENT.

1. Mouvement circulaire continu en circulaire continu. — *Rapport de vitesse constant.* — Axes parallèles. — Axes qui se rencontrent. — Axes non situés dans le même plan. — *Rapport de vitesse variable.* — Axes parallèles. — Axes non parallèles.
2. Mouvement circulaire continu en rectiligne continu.
3. Mouvement rectiligne continu en rectiligne continu.

Mouvements continus en mouvements alternatifs.

4. Mouvement circulaire continu en circulaire alternatif.
5. Mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif.
6. Mouvement rectiligne continu en circulaire alternatif.
7. Mouvement rectiligne continu en rectiligne alternatif.

Mouvements alternatifs en mouvements alternatifs.

8. Mouvement circulaire alternatif en circulaire alternatif.
9. Mouvement circulaire alternatif en rectiligne alternatif.
10. Mouvement rectiligne alternatif en rectiligne alternatif.

Combinaisons de mouvement.

11. Mouvement quelconque en mouvement d'après une courbe.

Combinaisons de vitesse. — Mouvements différentiels.

On voit par ce qui précède que la seconde partie de cet ouvrage, renfermant les livres III et IV, est encore à paraître. Cette seconde partie ne tardera pas à être livrée au public, et complétera un ouvrage qui nous paraît manquer tout à fait aujourd'hui pour étudier la science des mécanismes, pour permettre à tout homme intelligent d'analyser et d'apprécier les ingénieuses combinaisons des mécaniciens.

Digitized by Google

ŒUVRES SOCIALES DE W. E. CHANNING

TRADUITES DE L'ANGLAIS

PRÉCÉDÉES D'UN ESSAI SUR LA VIE ET LES DOCTRINES DE CHANNING

ET D'UNE INTRODUCTION

PAR M. ÉDOUARD LABOULAYE

Professeur au Collége de France, Membre de l'Institut.

Quelles sont les causes de la prospérité inouïe des États-Unis d'Amérique, prospérité commune à toutes les classes de la société, et qui excite l'étonnement du monde entier? Bien des explications ont été données, qui chacune renferment une part plus ou moins grande de vérité, mais en général on a trop oublié les idées qui ont cours en Amérique et qui sont le moteur dont nous admirons les effets.

C'est surtout en ce qui touche les classes ouvrières, au sujet de ce qu'on a appelé les questions sociales, qu'il importe de répandre en France les idées qui ont fait la fortune de la démocratie américaine, ces idées qui, en donnant à l'individu le sentiment de sa dignité personnelle et une énergie que nous avons peine à nous figurer, font de chaque individu, quelle que soit sa condition, un producteur infatigable et un excellent citoyen.

Nous avons l'espoir de parvenir à ce résultat dont l'importance n'échappera à personne, en faisant connaître à la France les œuvres de l'homme éminent qui a consacré sa vie à répandre ces grandes idées, et qui les a popularisées, grâce à la chaleur de son âme et à l'élévation de son esprit.

W. Ellery Channing, encore inconnu en France, mais dont les écrits sont dans toutes les mains en Amérique et en Angleterre, trouvera sûrement de nombreux admirateurs dans notre pays. En attendant que nous fassions connaître tout entier le sage qui a été surnommé le Fénelon américain, en publiant ses travaux philosophiques et religieux, nous ne doutons pas que ses œuvres sociales, dont nous publions aujourd'hui la traduction, n'éveillent la sympathie des ouvriers, à qui elles sont particulièrement adressées, et ne fassent sérieusement réfléchir les amis du peuple et tous ceux qui, préoccupés de l'avenir, sentent combien il est important de fortifier les cœurs, de développer et de moraliser l'intelligence de la nation. Channing a été apprécié en Amérique et en Angleterre comme le véritable ami des ouvriers. L'ouvrier français saura bien lui reconnaître ce caractère, dans les pages où il lui parle de ses droits et de ses devoirs, sans flatterie et sans bassesse, comme à quelqu'un capable de comprendre la vérité.

Nous donnerons une idée du système de Channing en empruntant à l'Introduction quelques lignes dans lesquelles il est résumé :

« Le problème social qui fait pâlir les plus hardis, le christianisme peut le résoudre, en élevant l'individu. En chassant de l'esprit l'ignorance et du cœur les passions mauvaises, il fera de chaque homme un citoyen éclairé, juste et digne de sa position. Ce sera une société nouvelle, meilleure que celle des âges précédents, parce qu'elle sera plus chrétienne. Aujourd'hui la société est entachée de matérialisme, et le gouvernement, quelle qu'en soit la forme, a tous les vices de la société. Tout s'y réduit au bien-être, et pour l'atteindre et le donner aux masses, il n'est pas d'empereur, de roi ou de république qui ne croie toute loi juste et toute mesure légitime. Nous retournons aux idées païennes; l'individu n'est rien, l'intérêt social est tout; c'est la doctrine régnante depuis un demi-siècle; son dernier mot est le communisme. Channing, au contraire, proclame l'idée chrétienne et la remet en pleine lumière sous une forme vive et nouvelle; pour lui c'est l'individu qui est tout; l'intérêt social n'est rien devant le droit éternel de celui que Dieu a fait à son image; ou plutôt ce prétendu intérêt social qui sacrifie l'individu est une déception, sinon un crime. La société est faite pour tous ses membres, pour leur faciliter une vie qui ne s'achève point ici-bas, mais non pas pour sacrifier la minorité au plus grand nombre, ou pour remplacer la tyrannie d'un maître par la tyrannie d'une multitude. Le grand but de la société, c'est le ménagement, c'est la protection de l'individu; la perfection de l'État, c'est la perfection de l'individu.

« Perfectionner l'individu, l'instruire, le moraliser, lui apprendre à s'estimer ce qu'il vaut, ranimer en son âme le sentiment de dignité et de noblesse personnelle que le Christ a apporté aux hommes, lui rappeler sans cesse ses devoirs envers lui-même et le respect qu'il se doit, considérer enfin l'action individuelle comme le grand ressort de la société, telle a été la pensée constante de Channing, et, je le répète, c'est une pensée éminemment chrétienne; au fond c'est le sentiment qui fit la grandeur des premiers fidèles, qui soutint les premiers martyrs et leur fit préférer la conscience et le devoir à tous les biens de la terre et à toutes les corruptions du temps. Ce fut le salut de l'ancien monde, ce doit être le salut du nouveau. Celui-là seul en effet peut résister aux tentations du vice, à l'envie, au désespoir, qui sait ce que vaut une âme immortelle et dont la pensée ne se termine pas ici-bas. »

Les **Œuvres sociales de Channing** forment un beau volume in-18 de 400 pages, format Charpentier. — Prix : 3 fr. 50 c.

Ce volume contient : Essai sur la vie et les doctrines de Channing, suivi d'une Introduction par M. E. Laboulaye.
De l'Éducation personnelle ou de la culture de soi-même.
De l'Élévation des classes ouvrières.
De la Tempérance.
Du Ministère des pauvres.
De l'Obligation où sont les villes de pourvoir à la santé morale des citoyens.

SOUS PRESSE

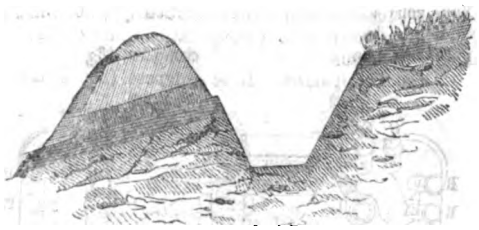
ŒUVRES SOCIALES DE CHANNING (COMPLÉMENT).

TRAITÉS RELATIFS A L'ABOLITION DE L'ESCLAVAGE.

Digitized by Google

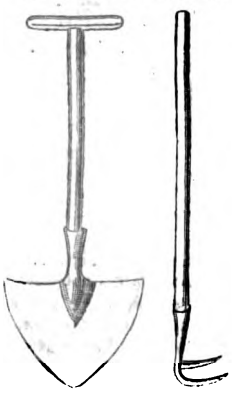


7.



8.

bien acérée, en forme de langue de bœuf (fig. 9) et dont le manche est terminé par une poignée horizontale. Lorsque la rigole est bien tracée sur une assez grande longueur, on divise la terre en mottes d'une certaine largeur, perpendiculairement à la direction du tracé, et un second ouvrier arrache ces mottes et les dépose sur le côté au moyen d'une espèce de griffe (figure 10). On termine le travail avec une bêche ordinaire.

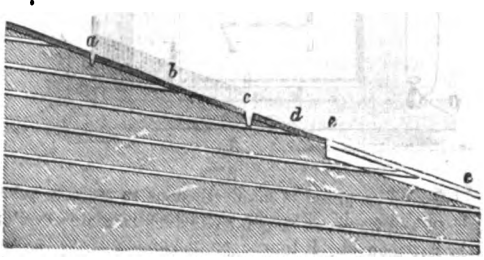


9. 10.

Ces rigoles, exécutées par des ouvriers exercés, peuvent coûter de 2 à 4 cent. le mètre courant.

Un grand nombre de terrains en pente, surtout dans le centre de la France, sont entretenus dans un état constant d'humidité surabondante, par les suintements qui se produisent aux points d'affleurement avec le sol de couches perméables aquifères (fig. 11), comprises entre des couches imperméables plus ou moins épaisses. Les terrains de cette espèce sont facilement assainis en ouvrant de petites rigoles à pentes faibles, attaquant un peu le sol imperméable comme l'indique la figure en c, et suivant la ligne d'affleurement des couches perméables.

Le cas précédent n'est pas le seul où la présence d'une couche aquifère sous le sol cultivable transforme celui-ci en terrain plus ou moins marécageux. Mais toutes les fois que la disposition des lieux permet de procurer aux eaux un écoulement complet, on comprend qu'il est très facile, un moyen de saignées coupant la couche perméable, de dériver en quelque sorte les eaux qui la traversent, et de s'opposer ainsi à leur action nuisible. On voit, d'après cela, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans l'examen de divers cas particuliers, sur lesquels on reviendra plus loin (voyez *Drainage des sources*),

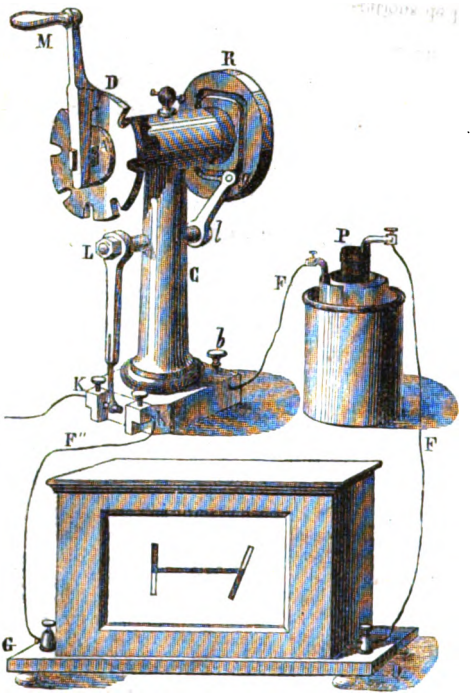


11.

combien il importe, avant d'entreprendre des travaux d'assainissement de l'espèce de ceux dont il s'agit en ce moment, de reconnaître avec exactitude la position de la nappe perméable par rapport à la surface du sol. Cette reconnaissance s'exécute facilement au moyen d'une petite sonde à main, ou de quelques coups de bêche si la profondeur à explorer est très peu considérable. Dans les travaux d'une certaine importance il convient de conserver la trace de ces études préliminaires, de dresser un véritable plan topographique du sol et du sous-sol. Ce plan sert à étudier et à tracer de la manière la plus convenable la position des différentes rigoles. Voici comment on peut procéder à son exécution : on détermine sur le sol, au moyen du niveau, une série de points appartenant à des courbes horizontales équidistantes, et l'on dessine le plus exactement possible, au moyen de jalons, la position de ces lignes. On trace alors un certain nombre de lignes de plus grande pente qui sont, comme on sait, perpendiculaires aux premières. On enfonce un piquet aux différents points d'intersection des deux séries de lignes dont on vient de parler ; on rapporte la position de ces piquets sur un plan des lieux à grande échelle, et on inscrit sur ce plan les résultats de chacun des sondages faits auprès de ces piquets. Il n'est pas indispensable de tracer, comme on vient de l'indiquer, les lignes horizontales et de plus grande pente du terrain donné. On peut se borner à tracer une série de lignes perpendiculaires les unes aux autres, à en faire le nivellement, à les rappor-

Digitized by Google

chacun un petit ressort contre lequel vient se faire le contact.



3.

Quand on prend la manivelle dans sa main et qu'on la fait mouvoir, R tourne en même temps, et la cannelure, par sa forme, donne un mouvement de va-et-vient à *l*, et par conséquent aussi à L qui lui est solidaire au moyen de l'axe A. On voit alors que L oscille entre les contacts K et K', qui sont placés pour cela aux limites extrêmes de l'oscillation.

Maintenant, soit P une pile, F, F' les réophores. Mettons F en communication avec l'embase au moyen d'un bouton *b*, F' avec le bouton D du récepteur, et relions le bonton gauche G avec le contact K'.

Chaque fois que L viendra en contact avec K', le circuit de la pile sera complété, il passera dans le récepteur, l'électro-aimant correspondant sera devenu un aimant. La palette L sera attirée et l'aiguille prendra une certaine position si l'on avance la manivelle d'un cran, L se reportera sur K, le courant sera interrompu, la palette L retournera à sa place et l'aiguille prendra une nouvelle position, et ainsi de suite. En tournant les deux manivelles, les deux aiguilles en suivront exactement tous les mouvements.

Les instruments sont construits de manière à pouvoir faire prendre à l'aiguille 3,000 positions différentes dans une minute. Mais quand l'on transmet on est obligé à des temps d'arrêt, aussi on n'arrive qu'à faire 250 signaux réels dans une minute; c'est le plus qu'aucun instrument ait jamais fait d'une manière utile.

On transmet ainsi de Paris à Nantes, Calais, Strasbourg, Lyon, Marseille, Bruxelles, etc., directement; aucun appareil n'a encore fonctionné nulle part d'un seul jet à une distance de 220 lieues, qui est la distance de Paris à Marseille.

Prenant pour exemple les deux stations de Paris et Marseille, nous dirons qu'il y a dans chacune d'elles un récepteur, un manipulateur et une pile; un fil métallique supporté par des poteaux relient ces deux stations.

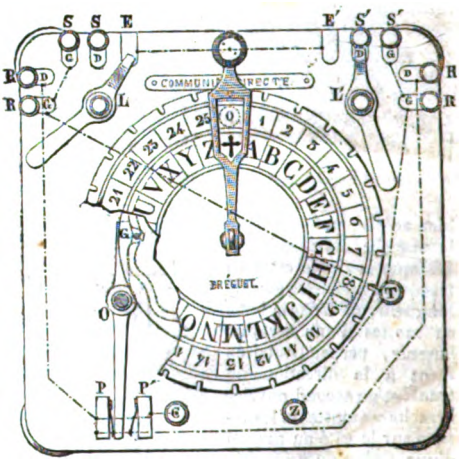
Le manipulateur de Paris fait marcher le récepteur de Marseille, et celui de Paris est mis en marche par le manipulateur de Marseille.

TÉLÉGRAPHE POUR LES CHEMINS DE FER. L'État a des employés spéciaux, il peut donc avoir des instruments assez compliqués. Les chemins de fer, au contraire, où l'on met des télégraphes dans toutes les stations, même les plus petites, ne peuvent avoir des employés très habiles à manier ces appareils; il faut que chacun puisse faire usage de l'instrument sans avoir besoin d'une étude trop longue; aussi est-ce pour cela que l'on a adopté le télégraphe à cadran de M. B., qui n'a de commun avec ceux qui ont été faits que le cadran seul. Les mécanismes, soit du manipulateur, soit du récepteur, sont tout à fait nouveaux.

Cadran récepteur. Le mécanisme est renfermé dans une boîte, susceptible d'être enlevée en totalité, et qui, par là, permet l'examen détaillé de toutes les parties.

C'est le même que celui de l'appareil de l'État; seulement comme sur le cadran il y a vingt-six caractères, la roue d'échappement a treize dents au lieu de quatre. Nous renverrons donc à l'explication que nous avons donnée ci-dessus.

Cadran manipulateur. Il se compose (fig. 4) d'une



4.

planche de forme carrée, sur laquelle est montée, au moyen de trois colonnes, un plateau circulaire ou cadran en laiton. Ce plateau porte sur son pourtour des échancrures se trouvant en regard des lettres et des nombres que l'on a gravés sur le cadran, sur deux circonférences. Une manivelle est articulée, au centre du plateau; avec un axe qui porte une roue, sur le plan de laquelle est creusée une gorge sinueuse, et dont les sinuosités sont régulières et en nombre égal à celui des signes gravés sur le cadran. Cette roue produit dans son mouvement de rotation le mouvement de va-et-vient du levier G, qui oscille autour du centre O, et va toucher alternativement aux contacts P, P'. Pour un tour de la roue, le levier G fait treize oscillations, c'est-à-dire qu'il est treize fois en contact avec P et treize fois avec P'.

Dans la planche sont incrustées dix petites platines ou pièces de contact, auxquelles viennent aboutir les fils qui conduisent le courant électrique dans les divers appareils qui composent le poste : devant le cadran se trouve aussi une plaque oblongue; elle porte

Paris. — Imprimerie de GUSTAVE GRATIOT 30, rue Mazarine.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google